ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES DE CLIMATISATION POUR LE PROJET DE CONSTRUCTION DU SIEGE DE LA BANK OF AFRICA (BOA)-BURKINA FASO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION **:** GENIE ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 07 juillet 2016 par

Bettina Laurette W. TIENDREBEOGO

Travaux dirigés par :

M. Francis SEMPORE, Enseignant en procédés frigorifiques 2iE

M. Souleymane DIARRA, Directeur de l'agence SEEE Burkina Faso

Jury d'évaluation du stage :

Président : M. Justin BASSOLE

Membres et correcteurs : Dr Sayon SIDIBE

M. Francis SEMPORE

M. Souleymane DIARRA

Promotion [2015/2016]

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à mon très cher frère Didier KIENDREBEOGO qui nous a quitté au moment de la finition de ce travail. Puisse Dieu le recevoir dans son royaume céleste et lui donner la paix éternelle.

CITATION

« IL FAUT TOUJOURS VISER LA LUNE, CAR MEME EN CAS D'ECHEC, ON ATTERRIT DANS LES ETOILES. »

OSCAR WILDE

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

- **M. Francis SEMPORE,** pour toute l'aide qu'il m'a apporté pour la conduite de mes travaux. Qu'il trouve dans ce document l'expression de ma profonde gratitude.

- **M. Souleymane DIARRA,** Directeur de la SEEE Burkina qui a accepté me suivre tout au long de la rédaction de ce mémoire. Merci pour les conseils et les recommandations qu'il m'a donné pour améliorer le rendu du travail.

- **M. SESSOU Pierre, M. SOULAMA Thomas, M. SORO Fidèle, M. SERE Oumar, M. GNABLE Evariste, M. BANDAOGO Kader, M. SAWADOGO Issaka, Mme ZONGO Nadège, Mme KIKONE Mariam et tous les travailleurs de la SEEE,** qui m'ont accepté parmi eux et qui d'une manière ou d'une autre ont participé à l'élaboration de ce document.

- **Tous les enseignants et tout le personnel** du 2iE pour leur disponibilité.

- **Ma famille** qui a toujours cru en moi et qui m'a toujours soutenue.

- **L'Eternel Dieu** qui m'a donné la force et le courage tout au long de ces cinq (5) années de formation.

RESUME

Le travail a porté sur une étude comparative de plusieurs systèmes de climatisation afin d'en proposer un pour le projet de construction du siège de la Bank Of Africa (BOA). L'immeuble qui abritera ce siège est un bâtiment de six (6) niveaux avec une superficie totale d'environ sept mille (7 000) m².

Les systèmes de climatisation étudiés sont les suivants :

- Le split system
- La climatisation par volume de réfrigérant variable (VRV)
- La climatisation par monobloc de toiture (roof top) et
- La climatisation centrale à eau glacée.

Sur le plan de l'efficacité énergétique, le système de climatisation par VRV est le plus intéressant avec un coefficient de d'efficacité énergétique (EER) de 3,6. Il est suivi du système de climatisation à eau glacée avec un EER de 3,19 et du système de climatisation par split avec un EER de 3. Le système de climatisation par monobloc est le moins performant d'un point de vue efficacité énergétique avec un EER de 2,99.

Sur le plan des coûts d'investissement et d'exploitation sur une durée de 10 ans, le système à eau glacée s'avère être le plus onéreux avec un montant d'environ deux milliards six cent millions (2 600 000 000) de FCFA. Tandis que la climatisation par monobloc présente le coût le plus faible avec un montant d'environ un milliard six cent millions (1 600 000 000) FCFA. Toutefois ce système présente des contraintes techniques dans sa mise en œuvre. La solution split system quant à elle, d'une part, est la moins coûteuse à l'investissement mais par contre son coût d'exploitation est renchéri avec le remplacement des équipements au bout de sept ans de fonctionnement. D'une autre part, cette solution n'est pas appropriée d'un point de vue esthétique pour ce type d'immeuble.

Enfin sur le plan environnemental, le système à eau glacée présente le plus fort taux d'émission de dioxyde de carbone (CO_2) qui est d'environ mille cent vingt-trois (1 123) tCO_2 /an contre le système monobloc qui a un taux de sept cent soixante-treize (773) tCO_2/an.

D'où le système de climatisation centralisée par VRV est celui proposé pour le projet de construction de la BOA pour des critères technico-économiques mais aussi environnementaux.

Mots Clés : Bilan thermique - Centrale à eau glacée – Split- Monobloc-VRV

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare several types of air conditioning systems in order to propose one for the building project of the head office of the Bank of Africa (BOA). This building possesses six levels on a total area about of seven thousand (7,000) square meters.
Systems which was studied are:

- The split system
- The air conditioning by variable refrigerant volume (VRV)
- The air conditioning by single package unit called rooftops and
- The air conditioning system by chilled water.

In energy efficiency terms, the air conditioning system by VRV is the most interesting with an energy efficiency ratio (EER) of 3.6. It is followed by the air conditioning system by chilled water with an EER of 3.19 and by the split system with an EER of 3. The air conditioning system by single package unit is the less high-performance with an EER of 2.99.
In economic terms, the air conditioning system by chilled water is the most expensive with an amount of about two billion and six hundred million (2,600,000,000 FCFA) of FCFA over 10 years. While the air conditioning system by single package unit presents the lowest costs with an amount of approximatively one billion and six hundred million (1,600,000,000) of FCFA. However this system presents technical difficulties in its implementation. The split system, as far as it is concerned, has the lowest costs of investment but the highest costs of exploitation over 10 years. In addition, this system isn't appropriate for this type of building in aesthetic terms.
At last, in environmental terms, the air conditioning system by chilled water has the highest rate of carbon dioxide (CO_2) emission which is about one thousand two hundred (1,200) tCO_2/year, against the single package unit system whose rate is seven hundred seventy two (772) tCO_2 /year.
Hence the central air conditioning system by VRV is the one proposed for the BOA's building project for technical, economic and environmental reasons.

Key words: Chilled water - Single package unit – Split - Thermal balance - VRV

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AE : Agence Elite

AF : Air France

AN : Air neuf

BOA : Bank of Africa

CEG : Centrale à eau glacée

CTA : Centrale de traitement d'air

EG : Eau glacée

GP : Grand public

LT : Locataire tiers

Lt : Local technique

RDC : Rez de chaussée

SEEE : Société d'Etudes et Entreprise d'Equipement

VRV : Volume à Réfrigérant Variable

WU : Western Union

LISTE DES SYMBOLES

GS	: Gains sensibles
G_{totaux}	: gains de chaleur totaux
HMT	: hauteur manométrique totale
P	: puissance frigorifique
$P_{batterie}$	: puissance de la batterie froide
Q_{as}	: débit d'air soufflé en m^3/s
ρ_{AS}	: masse volumique de l'air 1,2 kg/m^3
ϑ_{AS}	: volume spécifique de l'air soufflé en m^3/kg
h_m	: enthalpie de l'air de mélange en kJ/kg
r_m	: teneur en eau de l'air de mélange en g/kgas
h_{as}	: enthalpie de l'air soufflé en kJ/kg
M_{eau}	: débit d'eau glacée en m^3/s
C	: capacité thermique de l'air 1 kJ/kg/°C
ρ_{eau}	: masse volumique de l'eau 1000 kg/m^3
Q_{eau}	: débit volumique de l'eau glacée
Q_l	: débit volumique de l'air ambiant en m^3/s
h_l	: enthalpie de l'air du local en kJ/kg
Q_{an}	: débit volumique de l'air neuf en m^3/s
h_{an}	: enthalpie de l'air neuf en kJ/kg
Q_{ar}	: débit volumique de l'air recyclé en m^3/s
r_{an}	: teneur en eau de l'air neuf en g/kgas
r_l	: teneur en eau de l'air ambiant en g/kgas

SOMMAIRE

Table des matières

DEDICACE i
CITATION ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
LISTE DES ABRÉVIATIONS vi
LISTE DES SYMBOLES vii
SOMMAIRE viii
LISTE DES TABLEAUX x
LISTE DES FIGURES xi
LISTE DES TABLES xii
LISTE DES EQUATIONS xii

INTRODUCTION 1

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 2

II. PRESENTATION DU PROJET ET OBJECTIFS DE L'ETUDE 3

II.1 Présentation du projet 3
II.2 Objectifs de l'étude 4

III. METHODOLOGIE DE L'ETUDE 5

III.1 Bilan thermique 5
III.2 Différents systèmes de climatisation 8
III.3 Méthodologie de dimensionnement des différents systèmes 10
III.4 Évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation 20

IV. RESULTATS 22

IV.1 Résultats du bilan thermique 22
IV.2 Choix des équipements pour la solution split system 23
IV.3 Choix des équipements du système VRV 26
IV.4 Choix des équipements du système de climatisation centralisée par monobloc 30

IV.5 Sélection des équipements du système de centrale à eau glacée 32

IV.6 Estimation des coûts d'investissement et d'exploitation 38

V. DISCUSSIONS ET ANALYSES 40

V.1 Difficultés et facilités techniques 40

V.2 Performance des systèmes 42

V.3 Impacts environnementaux 43

V.4 Comparaison des coûts d'investissement et d'exploitation 44

V.5 Synthèse des avantages et inconvénients des différents systèmes 46

VI. CONCLUSION 48

VII. RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES 49

VIII. BIBLIOGRAPHIE 50

IX. ANNEXES 52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : données pour le bilan thermique 7
Tableau 2: récapitulatif du bilan thermique 22
Tableau 3: choix des unités du split system 23
Tableau 4: ratios de climatisation du split system 25
Tableau 5: choix des unités terminales de distribution pour le split system 25
Tableau 6: récapitulatif des unités intérieures VRV 26
Tableau 7: ratios de climatisation du système VRV 28
Tableau 8: récapitulatif du choix des unités extérieures VRV 29
Tableau 9: récapitulatif du choix des monoblocs 30
Tableau 10: récapitulatif de choix des terminaux de diffusion pour le système roof top 31
Tableau 11: critères de sélection des CTA 32
Tableau 12: récapitulatif du choix des unités terminales de distribution du système à EG 32
Tableau 13: choix des terminaux de diffusion système à EG 35
Tableau 14: choix des groupes frigorifiques du système à EG 35
Tableau 15: choix des pompes 36
Tableau 16: évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation des différents systèmes . 38
Tableau 07: performances des systèmes 42
Tableau 18: impacts environnementaux des différents systèmes 43
Tableau 19: ratios de climatisation des différents systèmes 45
Tableau 20: avantages et inconvénients des systèmes 46
Tableau 21: notation des différents systèmes 47
Tableau 22: feuille de calcul de la méthode détaillée de Libert 53
Tableau 23: récapitulatif complet du bilan thermique du R+1 54
Tableau 24: sélection des splits du R+1 56
Tableau 25: récapitulatif du choix des unités intérieures et extérieures VRV par local 60
Tableau 26: tableau des indices des unités extérieures VRV 65
Tableau 27: choix des équipements du R+1 du système monobloc 67
Tableau 28: pertes de charges du circuit le plus défavorisé de soufflage 69
Tableau 29: pertes de charges du circuit le plus défavorisé de reprise 69
Tableau 30: choix des unités terminales de distribution du système à EG du R+1 78
Tableau 31: pertes de charge du réseau aéraulique de la CTA air neuf 80
Tableau 32: pertes de charge du réseau aéraulique CTA hall clientèle 81

LISTE DES FIGURES

Figure 1: vue du bâtiment final (source Agence ARCADE Sarl) 3
Figure 2: climatiseur de fenêtre (source [11]) 9
Figure 3 : unité intérieure et extérieure split (évaporateur à gauche) 10
Figure 4: Schéma de principe général du système VRV [12] 12
Figure 5: vue générale du monobloc 13
Figure 6: schéma de principe de la centrale à eau glacée (à gauche groupe frigorifique) 16
Figure 7: splits en façade 40
Figure 8: comparaison financière des différents système 44
Figure 9: détermination des caractéristiques du point de soufflage du R+1 sur le diagramme psychométrique 66
Figure 10: réseau aéraulique de soufflage du R+1 (tronçon le plus défavorisé) 68
Figure 11: réseau aéraulique de reprise du R+1 (tronçon le plus défavorisé) 68
Figure 12: abaque des pertes de charges linéaires des gaines circulaires 70
Figure 13: abaque de détermination des dimensions des conduites rectangulaires 71
Figure 14: schéma du système à eau glacée 77
Figure 15:caractéristiques techniques des CTA 87
Figure 16: caractéristiques des tours de refroidissement 88

LISTE DES TABLES

Table 1: fiche technique des splits cassette 4 voies de soufflage 55
Table 2: fiche technique split mural 58
Table 3: fiche technique des unités de ventilation 59
Table 4: abaque DAIKIN de sélection des sections de cuivre 61
Table 5: abaque DAIKIN de sélection des raccords refnets 62
Table 6: fiche technique cassette 4 voies de soufflage VRV 64
Table 7: caractéristiques des diffuseurs carrés 73
Table 8: caractéristiques techniques des roofs tops 74
Table 9: caractéristiques techniques des roofs tops 75
Table 10: option ventilateur de soufflage roof top 76
Table 11: abaque tuyauteries en acier noir 79
Table 12: performances hydraulique des pompes 84
Table 13: caractéristique des groupes frigorifiques 85
Table 14: caractéristiques des ventilo convecteurs 86

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1 : calcul débit d'air split 10
Équation 2: calcul du débit d'air neuf 11
Équation 3 : calcul facteur de chaleur sensible 14
Équation 4 : calcul débit d'air soufflé roof top 14
Équation 5 : calcul débit d'eau unités terminales de distribution EG 17
Équation 6 : calcul enthalpie air du mélange CTA 18
Équation 7 : calcul teneur en eau air du mélange CTA 18
Équation 8: calcul puissance batterie froide CTA 18

INTRODUCTION

Le confort thermique, de manière littérale, est la sensation du ni chaud ni froid [1] : c'est la sensation du bien-être. Des études menées en ce sens [2], ont réussi à établir une zone appelée zone de confort dans laquelle toute personne ressentirait le confort thermique.

Mais dans les pays tropicaux secs, tels que le Burkina Faso, les conditions climatiques ne permettent pas de se situer dans cette zone de confort surtout pendant les périodes chaudes. Pourtant le confort est nécessaire à l'Homme pour ses activités et pour son propre bien être.

C'est ainsi que déjà dès le 11ème siècle, les techniques de recherches de confort ont commencé à voir le jour. Toutefois ce n'est qu'en 1902 que le premier système de réfrigération moderne vit le jour avec pour créateur Willis H. Carrier ; puis en 1906 fut inventé le terme climatisation par Stuart W. Cramer de Charlotte.

La climatisation, technique par laquelle on modifie donc les conditions climatiques (humidité et température principalement) d'un local afin de le mettre dans la zone de confort, n'a fait qu'évoluer à travers le temps. Cette évolution a emmené l'apparition de plusieurs systèmes de climatisation, chacun ayant sa particularité, qu'il est souvent difficile de faire un choix.

Les contraintes que sont le plus souvent la mise en œuvre, l'espace, l'esthétique, le confort et les coûts d'investissement et d'exploitation sont les aspects principaux qui guident le choix du système Mais ces contraintes varient en fonction des bâtiments et il revient alors à chaque concepteur d'étudier sa structure et de déterminer le système qui lui serait adaptée.

Dans cette étude, nous nous intéressons au bâtiment du siège de la Bank Of Africa (BOA). Cet immeuble de six étages requiert la mise en place d'un système de climatisation afin d'y garantir un certain confort. Mais lequel des systèmes doit être mis en place ?

L'objectif de cette étude est donc d'étudier différents systèmes de climatisation afin d'en proposer un qui serait adapté à ce bâtiment tout en faisant une comparaison technique et économique.

Pour mener cette étude, le plan sera divisé en quatre parties : la première partie consistera au calcul du bilan thermique des locaux à climatiser. La deuxième partie sera consacrée aux choix des différents systèmes à étudier et la troisième partie aux dimensionnements des différents systèmes choisis. Enfin la dernière partie portera sur l'évaluation des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation des différents systèmes étudiés. Ces différentes parties permettront d'analyser et de comparer sur un plan technico économique les différents systèmes de climatisation sur lesquels porte cette étude.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

La structure dans laquelle s'est déroulé le stage pour la rédaction de ce mémoire est la Société d'Etudes et Entreprise d'Equipements (SEEE), agence du Burkina Faso.

Cette société a été créée il y a plus de cinquante ans au capital de dix millions (10 000 000) de francs CFA. Le siège social de la société est à Abidjan en Côte d'ivoire.

Les principales activités de la SEEE sont : la climatisation, l'électricité, l'hydraulique, la plomberie, l'ascenseur, la maintenance, et les équipements de piscine, cuisine, buanderie, chambres froides, et protection incendie.

La société est également implantée au Mali, au Burkina Faso, au Sénégal, en Guinée Bissau et au Togo.

Parmi les grands projets réalisés par l'entreprise, sont à citer la mise en place des systèmes de climatisation du siège de la BCEAO à Dakar au Sénégal, de la BCEAO à Ouagadougou au Burkina Faso, du palais des congrès à Lomé au Togo, de l'aéroport d'Abidjan en Côte d'ivoire et pleins d'autres.

Au Burkina Faso, la société se situe sur l'avenue Zoalga au secteur N°8, lot 328, et parcelle A. La boîte postale est BP 461 Ouagadougou 01. Les contacts sont les suivants : téléphone : (00226) 25 34 40 20 ; fax : (00226) 25 34 40 21 ; mail : seeebf@yahoo.fr.

La société est présentement dirigée par M. DIARRA Souleymane.

II. PRESENTATION DU PROJET ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

II.1 Présentation du projet

La BOA est née il y a plus de 30 ans au Mali et est de nos jours implantée dans plusieurs pays en Afrique mais également en Europe, principalement en France.

Le siège de la BOA au Burkina Faso a été créé en 1997 et a été rendu accessible au public en 1998. Le siège actuel est situé sur l'Avenue Sangoulé Lamizana.

Dans leur programme d'expansion, le siège de la banque doit être déplacé vers la zone ZACA. L'immeuble du nouveau siège sera situé dans la zone A de la zone ZACA à Ouagadougou sur un terrain de 4300 m². Cet immeuble comprend six niveaux avec sous-sol et mezzanine.

Le sous-sol sert principalement de parking et de passage pour les fourgons. Le rez de chaussée quant à lui est divisé en cinq (5) zones dont l'agence grand public (GP), l'agence Elite (AE), l'agence Western Union (WU), la zone air France (AF) et la zone locataire tiers (LT). La mezzanine comprend des bureaux, la salle d'archives des dossiers de crédits et des locaux communs. Le R+1 est spécialement réservé aux archives. Le R+2, le R+3 et le R+5 comprennent les principaux bureaux de la banque et des locaux communs. Au niveau R+4 se situe la salle du conseil d'administration, la salle polyvalente, le bureau du président du conseil d'administration et du président de la fondation, le salon VIP et des locaux communs.

La Figure 1 présente une vue d'ensemble du bâtiment à la fin des travaux.

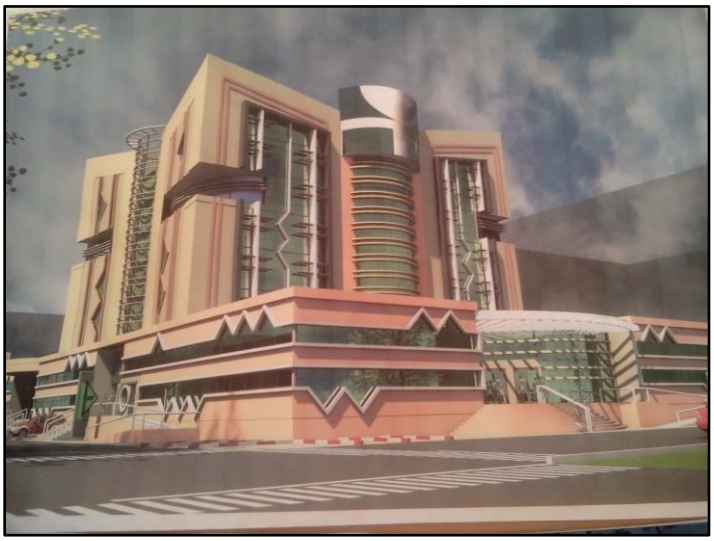


Figure 1: vue du bâtiment final (source Agence ARCADE Sarl)

II.2 Objectifs de l'étude

La BOA, soucieuse d'assurer le confort thermique dans ses locaux pour le bien-être de ses travailleurs et de ses clients, a montré son intention de mettre en place un système de climatisation pour son bâtiment.

Mais il existe plusieurs systèmes de climatisation, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients. La question est donc de savoir lequel des systèmes doit être choisi pour être appliqué à ce bâtiment afin de trouver un juste milieu entre économie d'énergie, coût d'investissement et d'exploitation acceptables, esthétique et confort thermique.

La réponse à cette question permettra de répondre à l'objectif de cette étude qui est d'étudier différents systèmes dans l'optique de ressortir leurs points forts et leurs points faibles et d'en proposer un pour le projet de construction de la BOA.

Les conclusions de cette étude seront également une base pour le choix de systèmes de climatisation pour de futurs projets de climatisation sur des bâtiments similaires.

III. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La méthodologie utilisée pour l'élaboration de ce travail est subdivisée en quatre grandes étapes :

- La première étape consistera à élaborer le bilan thermique
- La deuxième étape portera sur le choix des systèmes de climatisation à étudier
- La troisième étape consistera au dimensionnement des différents systèmes choisis.
- La dernière étape sera l'évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation des différents systèmes.

III.1 Bilan thermique

Le bilan thermique permet d'évaluer les apports et les déperditions de chaleur dans un local.
Plusieurs méthodes de bilan thermique existent, chacune ayant sa particularité. Parmi ces méthodes il y a entre autres la méthode des surfaces, la méthode simplifiée de York, la méthode simplifiée de Carrier, la méthode détaillée de Libert et la méthode détaillée UCL.
Une étude menée sur ces différentes méthodes [3] a permis de tirer les conclusions suivantes :

- la méthode des surfaces ne considère que la surface au plancher, l'ensoleillement et les apports internes de chaleur. Elle ne prend donc pas en compte la différence de température souhaitée ainsi que l'hygrométrie.
- la méthode simplifiée York quant à elle n'est valable que pour des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur inférieures ou égales à 8°C avec une température intérieure de 24°C sans précision de la température extérieure.
- la méthode simplifiée Carrier, permettant une réalisation rapide du bilan thermique n'est valable que pour une température intérieure de 24°C et une température extérieure maximale de 38°C.
- la méthode détaillée de Libert prend en compte tout ce qui peut être considéré comme apport de chaleur dans un local.
- la méthode détaillée UCL, qui est un programme de calcul de bilan thermique de climatisation en zone tropicale est aussi bien détaillée que la méthode de Libert.

Au vu de ces différentes méthodes, il ressort que pour un bilan thermique précis prenant en compte tous les paramètres liés aux apports de chaleur dans un local, la méthode détaillée de

Libert et la méthode détaillée UCL sont les plus adaptées. Cependant, afin d'éviter de modifier les données déjà présentes ou d'en ajouter sur le programme UCL, il est préférable d'utiliser la méthode détaillée de Libert qui est facilement adaptable et utilisable.

III.1.1 Description de la méthode détaillée de Libert

La méthode détaillée de Libert comme l'indique le Tableau 22 en annexe I ,est subdivisée en quatre parties à savoir les gains de chaleur par conduction, les gains par apports solaires, les gains de chaleur internes sensible et les gains de chaleur latente.

- **Les gains de chaleur par conduction (échange de chaleur entre l'air et les parois) :**

Ce sont les gains de chaleur à travers les murs, les vitrages, le plancher, le plafond, et les portes.

- **Les gains de chaleur par apports solaires :**

Les apports solaires se situent principalement au niveau des vitrages, des murs et du toit. L'enjeu principal est de déterminer le mois et l'heure à laquelle le local reçoit la plus grande quantité de chaleur. Le choix du mois est fonction des moyennes des températures mensuelles (le mois le plus chaud sera celui qui aura la plus haute température moyenne).

Le choix de l'heure quant à lui est fonction de l'orientation de la salle. A 9 h dans l'hémisphère nord par exemple, un mur situé à l'est recevra plus de chaleur qu'un mur situé à l'ouest. Mais cette situation sera inversée à 07 h. Il faut alors faire des combinaisons avec la surface des différents murs pour déterminer la surface qui reçoit le plus de chaleur en une journée. L'heure à laquelle est remarqué ce maximum d'apport de chaleur est considérée comme heure de calcul.

- **Les gains de chaleurs internes : sensibles et latentes**

La chaleur sensible interne est la chaleur pure produite dans le local et transmise à l'air soit par convection soit par rayonnement. Par contre les gains de chaleurs latentes sont dus à la quantité d'humidité injectée dans l'air du local.

Une feuille de calcul de la méthode Libert et donnée en annexe 1(Tableau 22).

III.1.2 Données pour la méthode détaillée de Libert

Suite à la description de la méthode, les données nécessaires à l'établissement du bilan thermique sont récapitulées dans le tableau ci-dessous. Les données sont tirées des sources [4] [5] [6] [7] [8] [9].

Les résultats récapitulatifs du bilan sont donnés dans la partie résultats du bilan thermique à la page 22.

Tableau 1 : données pour le bilan thermique

Situation géographique et climat	
Ville	Ouagadougou
Latitude	12°21'N
Altitude	300 m
Mois de base	Avril

Conditions extérieures et intérieures	
Température extérieure (°C)	40 ± 1
Température intérieure (°C)	24 ± 1
Humidité intérieure (%)	50 ± 5
Humidité extérieure (%)	40 ± 5

Coefficients de convection	
K cloisons alu vitrée et portes en alu (W/m² K)	5,8
K mur interne en béton (W/m² K)	2,83
K mur externe en parpaing (W/m² K)	2,28
K mur interne en parpaing (W/m² K)	2,04
K porte blindée (W/m² K)	2,4
K vitrage antélio (W/m² K)	1,4
K plafond (W/m² K)	2,50
K plancher (W/m² K)	1,56
K toiture (W/m² K)	1,33
K plancher sous-sol (W/m² K)	2,22

Autres coefficients : solaires, chaleur sensibles et latentes	
Coefficient d'absorption a des murs	0,6
Coefficient d'inertie (structure lourde F)	0,8
Coefficient réductif F des vitrages	0,30
Facteur solaire g des vitrages antélio	0,14
Renouvellement d'air (vol/h)	2
Air neuf (m^3/h/personne)	18
Gains sensibles pour employés de bureau (kcal/h)	61
Gains latents pour employés de bureau (kcal/h)	52
Chaleur dégagée par les ordinateurs (W)	150
Chaleur totale dégagée par les imprimantes, les photocopieuses et les scanners (W)	307
Eclairage (W/m²)	16

III.2 Différents systèmes de climatisation

Les systèmes de climatisation peuvent être classés suivant différents critères.

Ainsi suivant le mode de distribution, il y a les systèmes uni zones et les systèmes centralisés. Selon le débit, il y a les systèmes à débit d'air constant et les systèmes à débit d'air variable. Et enfin selon le type de médium utilisé, il y a les systèmes tout air, les systèmes tout eau et les systèmes mixtes air/eau. Mais d'une manière générale, il est possible de retenir globalement deux systèmes à savoir :

- Les systèmes de climatisation individuelle et
- Les systèmes de climatisation centralisée.

III.2.1 Les systèmes de climatisation individuelle

Les systèmes de climatisation individuelle, comme leur nom l'indique, permettent de résoudre un problème de climatisation de manière localisée ; c'est-à-dire que chaque local à climatiser possède l'ensemble des équipements requis.

Ces systèmes se décomposent en deux sous-systèmes :

- les splits system et
- les climatiseurs de fenêtre ou windows.

Concernant les splits system, ils sont à la base constitués d'une seule unité intérieure accouplée à une unité extérieure. Mais de nos jours il est possible d'avoir jusqu'à 5 unités intérieures raccordées à une seule unité extérieure. Ils sont appelés dans ce cas multi split.

Les splits sont généralement utilisés pour de petites installations mais sont également utilisables pour de grands immeubles.

Les climatiseurs de fenêtre ou Windows, eux, sont des systèmes de type monobloc. Une partie du monobloc est visible à l'intérieur du local à climatiser et l'autre partie visible à l'extérieur comme l'indique la figure 2. Ce type de système ne peut cependant être mis en place que pour des locaux dont au moins un des murs est en contact avec l'extérieur. En outres, ils sont bruyants et ne permettent pas une bonne distribution de l'air [10].

Parmi ces deux types de systèmes individuels, sont également rencontrées les armoires de climatisation qui peuvent être du type monobloc ou du type split. Cependant elles sont généralement destinées à la climatisation des salles informatiques [10].

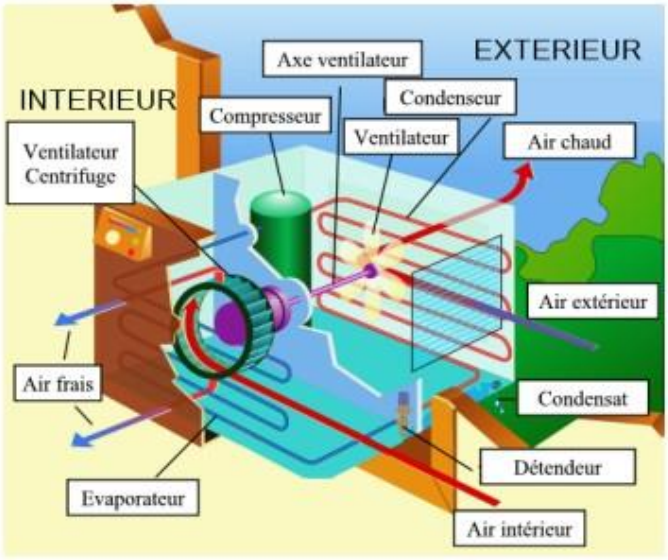


Figure 2: climatiseur de fenêtre (source [11])

III.2.2 Les systèmes de climatisation centralisée

Contrairement aux systèmes individuels, les systèmes de climatisation centrale ont la capacité d'alimenter plusieurs locaux voire tout un bâtiment avec un nombre très limité d'unités extérieures. Parmi ces systèmes il y a :

- le système de centrale de traitement d'air monobloc ou roof top
- le système de centrale à eau glacée et
- le système à volume de réfrigérant variable VRV qui fonctionne suivant le même principe que les splits system mais en version centralisée.

Ces systèmes sont recommandés pour de grands bâtiments, surtout pour ceux recevant du public et où il y a présence de faux plafond (pour le passage des gaines, des conduites et des tuyauteries).

Au vu de ces différents systèmes, il est possible de mener cette étude sur quatre des systèmes de climatisation présentés :

- le split system
- le système VRV
- le système de monobloc de toiture et
- le système de centrale à eau glacée.

Ces quatre différents systèmes seront comparés sur un plan technico-économique et aussi environnemental.

III.3 Méthodologie de dimensionnement des différents systèmes

III.3.1 Méthodologie de sélection des splits system

III.3.1.1 Description du split system

Les splits sont des systèmes à détente directe. Ils sont constitués d'un ensemble de deux unités dont l'une à l'intérieure du local à climatiser et l'autre à l'extérieure comme l'indique la Figure 3. Les deux unités sont reliées entre elles par une liaison frigorifique en cuivre et un câble de communication.

Figure 3 : unité intérieure et extérieure split (évaporateur à gauche)

III.3.1.2 Méthodologie de sélection des équipements du split system

La première étape de la sélection est le choix du catalogue et le choix du type de split à mettre en place. Le split est choisi par la suite avec une puissance frigorifique supérieure ou égale aux gains de chaleur calculés lors du bilan thermique. Il faut maintenant vérifier que le débit d'air soufflé par le split corresponde au débit d'air nécessaire pour répondre aux besoins du local.

Ce débit d'air nécessaire, en considérant que l'apport d'humidité est nul ou négligeable, est obtenu par l'équation 1 :

$$\mathbf{Q_{as}\ (m^3/h)} = \frac{\mathbf{GS(kcal/h)}}{\mathbf{0.29 \times \Delta\theta}}$$

Équation 1 : calcul débit d'air split

Q_{as} étant le débit d'air soufflé, GS les gains de chaleur sensible et $\Delta\theta$ la différence de température entre le local et le soufflage.

En ce qui concerne les sections des liaisons frigorifiques, à chaque split correspond une section de liaison frigorifique donnée par le constructeur.

En dehors de ces unités de climatisation split, des unités de ventilation seront mises en place. Ces unités apporteront de l'air neuf dans les salles telles que les salles de réunion, les halls et les attentes pour des raisons hygiéniques.

Le débit de cet air neuf est calculée par la formule suivante :

$$\mathbf{Q_{AN}(m^3/h) = débit\ d'air\ minimal\ par\ personne\ (m^3/h/personne) \times nombre\ de\ personnes}$$

Équation 2: calcul du débit d'air neuf

En annexe II-1 est donné un exemple de sélection de split.

III.3.2 Méthodologie de dimensionnement du système VRV

III.3.2.1 Description du système VRV

Le système VRV est un système à détente directe qui adapte le débit de réfrigérant (et récemment la température du réfrigérant également) en fonction des besoins des locaux. Comme l'indique la Figure 4, ce système permet d'alimenter plusieurs unités intérieures (pouvant atteindre 93 unités intérieures) à l'aide d'un seul groupe de production. Les unités sont reliées au moyen de liaisons frigorifiques et cela grâce aux raccords refnets.

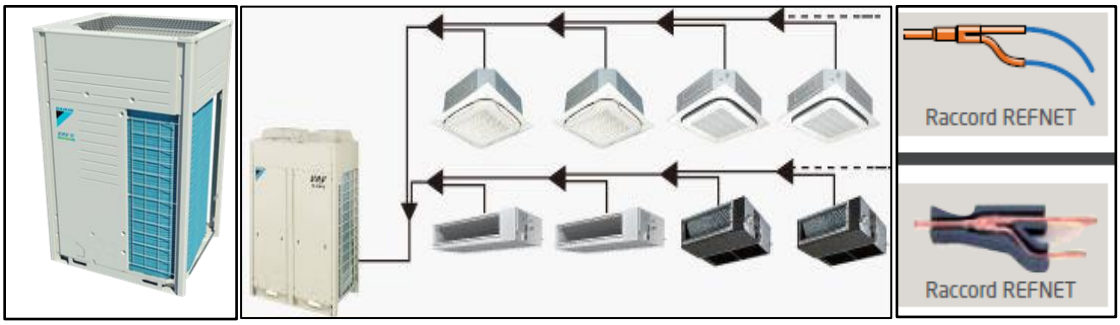


Figure 4: Schéma de principe général du système VRV [12]

III.3.2.2 Méthodologie de sélection des équipements du système VRV

Comme pour les splits, la sélection des unités intérieures VRV est basée sur le même principe c'est-à-dire :

- Le choix du constructeur
- La définition du type d'unité
- Le choix de l'unité intérieure sur la base de la puissance frigorifique et
- La vérification du débit d'air soufflé.

Comme le split system, chaque unité intérieure correspond à une section de cuivre. Mais les sections entre les raccords refnets sont déterminées suivant un abaque donné en annexe III-2. Cet abaque permet également de choisir les raccords refnets.

Des unités de ventilation aussi seront mises en place pour les salles de réunion, les halls et les attentes.

Concernant le choix des unités extérieures, il est fonction du cumul des indices des unités intérieures qui lui sont raccordées. Cela signifie que l'indice standard de l'unité extérieure doit être supérieure ou égale à la somme des indices des unités intérieures qui lui sont raccordées. Ces indices sont des données du constructeur.

III.3.3 Méthodologie de dimensionnement du système de traitement d'air monobloc (roof top)

III.3.3.1 Description du système roof top

Les roofs tops sont des appareils de climatisation centrale généralement implantés en toiture (mais également possible au sol). Ils ont la particularité d'avoir tous les équipements nécessaires dans une seule enveloppe d'où le nom de monobloc.

La Figure 5 montre une vue générale et la composition d'un roof top.

Le système roof top est composé des éléments suivants :

- **Un caisson de soufflage et de traitement de l'air :**

Ce caisson est divisé en deux compartiments dont un est utilisé pour le traitement de l'air et l'autre pour la production de froid.

Dans le compartiment traitement de l'air sont rencontrés en général les éléments de filtration, la batterie froide à détente directe, la batterie chaude, le ventilateur, l'humidificateur, le déshumidificateur et le compartiment de mélange air neuf/air repris.

Dans le compartiment de production de froid se trouve les composants du circuit frigorifique tels que le compresseur et le condenseur.

- **Un réseau aéraulique :**

Ce réseau permet d'acheminer l'air traité du roof top vers les éléments terminaux de diffusion de l'air. Ce réseau comprend un réseau de soufflage et éventuellement un réseau de reprise.

- **Des éléments terminaux de diffusion de l'air :**

Les terminaux sont directement placés dans les surfaces à traiter. Ils sont généralement des grilles, des diffuseurs, des portes filtres etc.

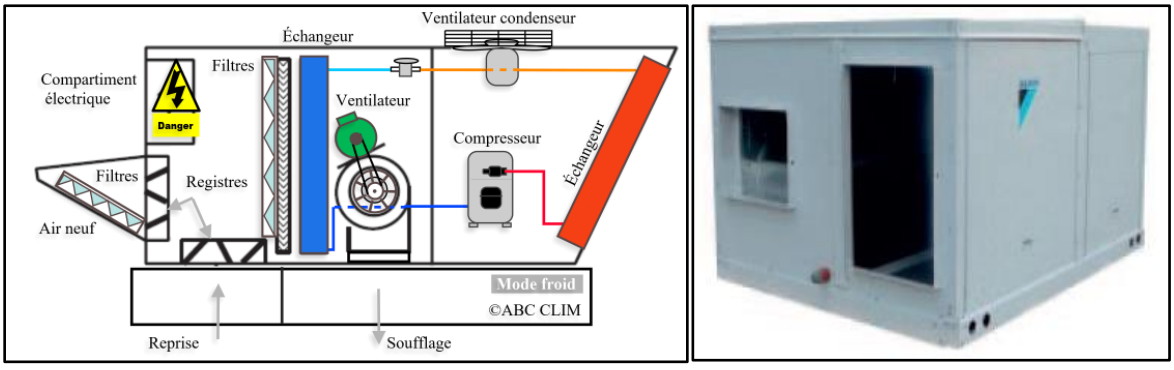


Figure 5: vue générale du monobloc

III.3.3.2 Méthodologie de dimensionnement et choix des équipements des roofs tops

Le dimensionnement du système de climatisation par monobloc consiste à déterminer premièrement le débit de l'air soufflé, ensuite à sélectionner le monobloc, à dimensionner les gaines en même temps que le calcul des pertes de charge, et à faire le choix des terminaux de diffusion.

a) Détermination du débit de l'air soufflé

Le calcul du débit d'air soufflé consiste à fixer dans un premier temps l'écart de soufflage qui est la différence de température entre l'air soufflé et l'air du local. La méthode ensuite utilisée pour déterminer les caractéristiques de l'air soufflé est celle du facteur de chaleur sensible utilisant le diagramme psychométrique de Carrier [13] (voir annexe IV-1).

Le facteur de chaleur sensible FCS se calcule par la formule suivante :

$$\mathbf{FCS} = \frac{\mathbf{GS\ (kW)}}{\boldsymbol{G_{totaux}}\ \mathbf{(kW)}}$$

Équation 3 : calcul facteur de chaleur sensible

GS étant les gains de chaleur sensible et G_{totaux} les gains de chaleur totale.

Cette méthode, la méthode du FCS, est graphique et n'est valable que pour des FCS supérieurs à 0,36 et pour des gains sensibles positifs.

Les caractéristiques de l'air soufflé étant déterminés (principalement l'enthalpie), le débit d'air soufflé est déterminé par la formule suivante (sur la base du bilan enthalpique du local) :

$$\mathbf{Q_{as}\ (m^3/s)} = \frac{\mathbf{GS\ (kW)}}{\mathbf{(H_l - H_{as})\ (kJ/kg)}} \times \boldsymbol{\vartheta_{as}}\ \mathbf{(m^3/kg)}$$

Équation 4 : calcul débit d'air soufflé roof top

Avec Q_{as} le débit d'air soufflé, GS les gains sensibles, h_l l'enthalpie de l'air du local, h_{as} l'enthalpie de l'air soufflé et ϑ_{as} le volume spécifique de l'air soufflé.

b) Méthodologie de sélection du roof top

Le débit d'air soufflé étant trouvé, la méthodologie de sélection du roof top est la suivante :

- Choix du constructeur
- Choix du monobloc ayant une puissance frigorifique supérieure ou égale aux besoins de la surface à traiter et

- Vérification que le débit d'air soufflé par le monobloc soit supérieur au débit d'air soufflé nécessaire calculé.

Le monobloc ainsi choisi, son débit d'air est partagé entre les différents locaux à traiter en fonction de leurs surfaces. Ces différents débits d'air permettent de dimensionner les gaines, de calculer les pertes de charge du réseau et de choisir les terminaux de diffusion.

c) Dimensionnement des gaines et calcul des pertes de charge

Le dimensionnement des gaines se fait à l'aide d'un abaque (voir Figure 12) par la méthode de la perte de charge constante. Cette méthode consiste à fixer une vitesse dans le tronçon principal de la branche la moins favorisée et à lire la perte de charge de charge linéaire correspondante en fonction du débit. Cette perte de charge linéaire est ensuite gardée constante pour la détermination des sections des tronçons secondaires[13].

Les pertes de charge singulière sont alors calculées par la formule :

$$\mathbf{PDC_{sing} = \xi \times P_d \ Avec \ P_d = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times V^2}$$

ξ est le coefficient de singularité, P_d la pression dynamique en Pa, ρ_{air} la masse volumique de l'air en kg/m^3, V la vitesse de l'air dans la conduite en m/s.

Les pertes de charge étant connues, il faut alors s'assurer que la pression du ventilateur choisi soit supérieure aux pertes de charge totales du réseau (singulières et linéaires).

d) Sélection des terminaux de diffusion de l'air

La sélection des terminaux se fait de la manière suivante :

- Choix du catalogue
- Définition du type de terminal
- Choix du terminal : le terminal doit avoir un débit d'air supérieur ou égal au débit d'air soufflé imposé par le monobloc
- Vérification du niveau sonore
- Vérification de la pression.

III.3.4 Méthodologie de dimensionnement de la centrale à eau glacée

III.3.4.1 Description du système à eau glacée

Un système de centrale à eau glacée à la différence des systèmes à détente directe qui utilise un fluide frigorigène, utilise de l'eau glacée. En général, le système à eau glacée est constitué de deux ou trois parties :

- Le circuit primaire qui est celui de la production de l'eau glacée. Ce circuit comprend les groupes frigorifiques, les conduites d'eau glacée, les pompes primaires et des accessoires tels que les vannes, les manomètres, les thermostats, etc.
- Le circuit secondaire qui est celui de la distribution de l'eau dans les différents locaux. Ce circuit est composé des éléments terminaux de distribution que sont les ventilo convecteurs (utilisés pour les bureaux) et les CTA (utilisé pour le hall clientèle et pour l'apport d'air neuf), des pompes, des conduites d'eau glacée et d'accessoires.
- Le ballon tampon qui est un élément facultatif. En sa présence, il joue le rôle de découplage entre la production et la distribution d'eau glacée. Il peut se comporter ainsi comme un accumulateur de froid [11].

Dans le cas présent de cette étude, le système est composé des trois parties mais aussi d'une tour de refroidissement car les groupes seront à condensation à eau.

Le schéma ci-dessous, (Figure 6), montre le principe général d'un système à eau glacée avec ballon tampon : l'eau glacée est produite dans le groupe frigorifique qui comprend le circuit frigorifique. L'eau glacée produite est acheminée vers le bas du ballon tampon d'où elle est pompée vers le circuit de distribution. A la sortie des terminaux de distribution, l'eau légèrement chauffée est canalisée vers le haut du ballon tampon où elle sera pompée vers le groupe frigorifique pour un nouveau cycle.

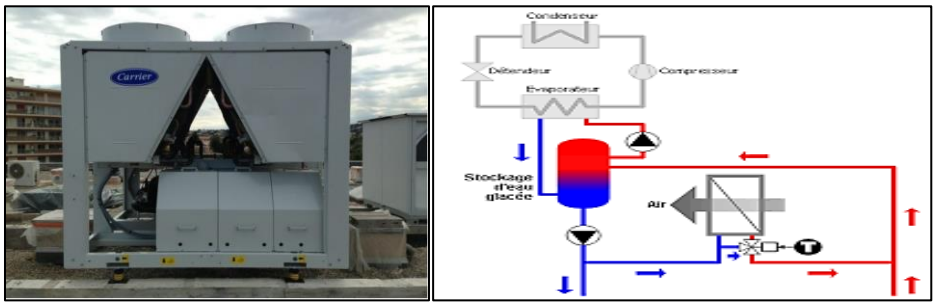


Figure 6: schéma de principe de la centrale à eau glacée (à gauche groupe frigorifique)

Le synoptique de l'installation est donnée en Annexe V-1 : schéma d'installation du système à eau glacée à la Figure 14.

III.3.4.2 Méthodologie de dimensionnement du système à EG et choix des équipements

Le dimensionnement du système à eau glacée se fait principalement en quatre étapes : le choix des ventilo convecteurs, le choix des CTA, le choix du groupe frigorifique, le dimensionnement des pompes et des conduites d'eau glacée.

a. Méthodologie de sélection des ventilo convecteurs

Les ventilo convecteurs sont choisis de la manière suivante :

- Choix du constructeur
- Choix du type de ventilo convecteur
- Sélection du ventilo convecteur ayant la puissance frigorifique supérieure ou égale aux besoins de la surface à climatiser
- Vérification du débit d'air par la formule de l'Équation 1
- Calcul du débit d'eau nécessaire par la formule :

$$\mathbf{Q_{eau}\ (m^3/s)} = \frac{\mathbf{P\ (kW)}}{\mathbf{C_{eau}\ (kJ/kg/°C)} \times \mathbf{\Delta\theta\ (°C)} \times \mathbf{\rho_{eau}\ (kg/m^3)}}$$

Équation 5 : calcul débit d'eau unités terminales de distribution EG

Avec Q_{eau} le débit volumique de l'eau, P la puissance frigorifique du ventilo convecteur, C_{eau} la capacité thermique massique de l'eau, $\Delta\theta$ la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'eau et ρ_{eau} la masse volumique de l'eau.

b. Dimensionnement des CTA

Le dimensionnement des CTA consiste à déterminer le débit d'air soufflé, la puissance de la batterie froide et la pression du ventilateur.

- **Calcul du débit d'air soufflé**

Le calcul du débit d'air soufflé se fait suivant la même méthode décrite dans la partie méthodologie de dimensionnement du système monobloc.

- **Calcul de la puissance de la batterie froide**

Le calcul de la batterie froide passe par la détermination des caractéristiques de l'air du mélange afin d'atteindre les conditions de soufflage.

- **Caractéristiques de l'air de mélange air neuf/air recyclé**

Le débit volumique de l'air neuf est calculé en considérant un débit d'air minimum par personne. Cet air neuf est ensuite mélangé avec une partie de l'air repris dans un caisson de mélange.

Les caractéristiques de l'air de mélange sont obtenues par les formules suivantes :

$$h_m\ (kJ/kg)=\frac{Q_l \times h_l + Q_{AN} \times h_{AN}}{Q_{AR}}$$

Équation 6 : calcul enthalpie air du mélange CTA

$$r_m\ (g/kgas)=\frac{Q_l \times r_l + Q_{AN} \times r_{AN}}{Q_{AR}}$$

Équation 7 : calcul teneur en eau air du mélange CTA

Avec h_m l'enthalpie de l'air du mélange en kJ/kg, Q_l le débit volumique d'air de l'air du local en m^3/s, h_l l'enthalpie de l'air du local en kJ/kg, Q_{AN} le débit d'air neuf en m^3/s, h_{AN} l'enthalpie de l'air neuf en kJ/kg, Q_{AR} le débit de l'air recyclé en m^3/s, r_m la teneur en eau de l'air du mélange en g/kgas, r_l la teneur en eau de l'air du local en g/kgas, r_{AN} la teneur en eau de l'air neuf en g/kgas.

- **Traitement de l'air de mélange**

L'air de mélange subira par la suite des opérations que sont le refroidissement et la déshumidification afin d'atteindre les conditions de soufflage. Le refroidissement est assuré par la batterie froide dont la puissance est calculée par la formule suivante :

$$P_{batterie}\ (kW)=Q_{AS} \times \rho_{AS} \times (h_m - h_{AS})$$

Équation 8: calcul puissance batterie froide CTA

Avec $P_{batterie}$ la puissance de la batterie froide, Q_{AS} le débit d'air soufflé en m^3/s, ρ_{AS} la masse volumique de l'air soufflé en kg/m^3, h_m l'enthalpie de l'air du mélange en kJ/kg et h_{as} l'enthalpie de l'air soufflé en kJ/kg.

La puissance de la batterie froide ainsi calculée permet de déterminer le débit d'eau nécessaire pour le fonctionnement de la CTA par la formule de l'Équation 5.

- **Pression du ventilateur**

Le ventilateur doit pouvoir vaincre les pertes de charge sur tout le réseau aéraulique. La méthode de calcul des pertes de charge est identique à celle décrite dans la partie méthodologie de dimensionnement du roof tops.

c. Choix du groupe frigorifique

Le choix du groupe frigorifique dépend du débit d'eau total de l'installation et de la puissance frigorifique du bâtiment. Le débit d'eau glacée et la puissance du groupe doivent être respectivement supérieurs au débit total d'eau glacée des ventilo-convecteurs et des CTA et aux besoins frigorifiques des locaux.

Par mesure de sécurité, il sera mis en place dans cette étude au minimum deux groupes de production.

d. Choix des autres éléments du réseau

Les autres éléments sont principalement les pompes, le ballon tampon, la tour de refroidissement et les conduites.

- Le ballon tampon est dimensionné en se fixant un temps pendant lequel le ballon pourrait faire fonctionner l'installation.
- Les conduites d'eau glacée sont dimensionnées à l'aide d'un abaque (voir Table 11) par la méthode des pertes de charges (Pdc) constantes. Sur la base du débit d'eau total et de la vitesse de départ de l'eau, le diamètre et la Pdc linéaire de la conduite principale sont déterminées. Cette Pdc gardée constante permettra de déterminer les diamètres des tronçons secondaires en fonction des débits.
- La tour de refroidissement est choisie sur la base de la puissance frigorifique de l'installation. Elle doit avoir une puissance supérieure à 1,25 fois la puissance frigorifique de l'installation.
- Enfin les pompes sont choisies de sorte à vaincre les pertes de charge du réseau hydraulique. Elles sont donc fonction de la hauteur manométrique totale (HMT=pertes de charges linéaires + pertes de charges singulières) et du débit d'eau à aspirer et à refouler. Les Pdc linéaires sont estimées à 15% des Pdc singulières (les Pdc singulières sont plus importantes que les Pdc linéaires).

III.4 Évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation

III.4.1 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement sont les coûts à mobiliser pour l'exécution des travaux. Ils sont donc fonction du matériel à utiliser et de la main d'œuvre d'exécution.

L'évaluation des coûts d'investissement prend en compte les principaux éléments suivants :

- Les coûts liés à l'étude (rémunération du personnel concerné, achat de papiers pour l'impression des plans, etc.)
- Les coûts d'achats des équipements de climatisation (splits, groupe eau glacée, etc.)
- Les coûts dus au transport et au dédouanement des équipements
- Les coûts liés aux réseaux hydrauliques, aérauliques et frigorifiques
- Les coûts liés à l'alimentation électrique (coffret, câbles, protection etc.)
- Les coûts liés au matériel à utiliser (grue, perceuse, goulottes, chemin de câble etc.)
- Les coûts liés à l'isolation des gaines et des conduites
- Les coûts liés aux divers accessoires et éléments des systèmes (ballon, tour, refnet, vis, chevilles etc.)
- Les coûts liés au personnel pour l'exécution des travaux (techniciens, ouvriers etc.)

III.4.2 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont les frais liés à la maintenance, l'entretien, le remplacement et à la consommation électrique des différents systèmes sur une période de 10 ans pour la présente étude.

- **Coûts de maintenance et d'entretien** :

La maintenance et l'entretien se font sous un contrat. Ce contrat permet d'intervenir sur l'installation en cas de panne et d'entretenir les équipements sur une fréquence donnée.

Les coûts de la maintenance et de l'entretien prennent donc en compte le coût des éléments remplacés en cas de panne, le matériel utilisé et la rémunération du personnel.

- **Coûts liés au remplacement :**

Ces coûts dépendent de la durée de vie des équipements. Chaque équipement se doit d'être remplacé après un certain temps de fonctionnement au risque d'apporter comme conséquence une consommation électrique élevée et une maintenance couteuse.

- **La consommation électrique des appareils:**

La consommation électrique est calculée en considérant la puissance nominale des appareils et leur temps de fonctionnement journalier : $E_{él} = P_n \times T$.

$E_{él}$ est la consommation électrique en kWh, P_n la puissance électrique nominale des appareils électriques et T le temps de fonctionnement.

Un temps de fonctionnement des appareils pourrait être de 9 h de temps par jour (temps d'occupation des locaux). Mais compte tenue de la régulation des appareils, ce temps ne peut être considéré pour tous les systèmes. Les hypothèses suivantes sont alors énoncées :

- Le temps de fonctionnement du split système est estimé à 8 h par jour.
- Pour le système VRV, le temps de fonctionnement serait de 4 h à 130 % de sa puissance nominale et de 5 h à 50 % de sa puissance nominale.
- Pour les monoblocs, la puissance de fonctionnement sera considérée à 50% de la charge pendant les 2/3 du temps de fonctionnement de l'installation, et de 100% pour le temps restant.
- Pour le système à eau glacée, les pompes et les ventilo convecteurs fonctionneront à 100% de leur puissance nominale pendant tout le temps de fonctionnement de l'installation. Les groupes frigorifiques par contre consomment au minimum 25% de leurs puissances nominales sur un temps de 1 h et 100% sur un temps de 8 h.

IV. RESULTATS

Les résultats concernent les valeurs des charges thermiques obtenues sur l'ensemble du bâtiment, le choix des unités de climatisation et les accessoires afférents, et les valeurs des coûts d'investissement et d'exploitation.

IV.1 Résultats du bilan thermique

Dans le Tableau 2 est présenté un récapitulatif général du bilan thermique par niveau du bâtiment.

En annexe 1 est donné un exemple de récapitulatif du bilan thermique par local du niveau R+1.

Tableau 2: récapitulatif du bilan thermique

Niveaux	**Surfaces à climatiser (m^2)**	**Volume (m^3)**	**Charges (kW)**	**Ratios moyen (W/m^2)**
Sous-sol	14	39	3,51	251
Rez de chaussée	1 633	4 572	347	231
Mezzanine	1 376	3 853	275	222
R+1	463	1 296	96	204
R+2	612	1 714	124	205
R+3	607	1 728	115	198
R+4	619	1 733	120	204
R+5	539	1 509	106	211
R+6	610	1 708	136	228
TOTAL BATIMENT	**6 483**	**18 107**	**1 323**	**218**

Les charges totales s'élèvent à 1 323 kW sur une surface totale de 6 483 m².

Le bilan thermique donne alors un ratio moyen de climatisation de 218 W par m² de surface au plancher sur tout le bâtiment.

IV.2 Choix des équipements pour la solution split system

Les critères généraux de choix des unités sont principalement :

- Le coefficient de performance COP (supposé bon à partir de 3)
- Le niveau sonore (30 à 45 dB maximum pour les bureaux [5])
- Le potentiel d'action sur la couche d'ozone et le potentiel d'action sur l'effet de serre des fluides frigorigènes (le R134a et le R410 sont recommandés).

IV.2.1 Choix des splits

Au vu des critères défini ci-dessus ; la marque DAIKIN est celle retenue pour la sélection des équipements. Les unités sont choisies dans le catalogue DAIKIN 2010.

Le Tableau 3 présente le choix des unités du split system récapitulé par niveau.

Le Tableau 24 en annexe II-3, lui, présente un exemple de sélection des splits par local pour le niveau R+1.

Tableau 3: choix des unités du split system

Niveaux	**Reference unité intérieure/unité extérieure**	**Type**	**$P_{unitaire}$ (kW)**	**Qté**	**P_{totale} (kW)**	**Débit d'air soufflé (m^3/h)**
Sous-sol	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	2	7	1 020
RDC	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	5	10	2 820
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	4	10	2 592
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	9	31,5	6 156
	FTXS50J/RKS50J	Mural	5	2	10	1 392
	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	20	68	12 600
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	3	14,1	2 160
	FCQ71C/RR71BV	Cassette soufflage circulaire	7,1	9	63,9	14 208
	FFQ25B/RKS25J	Cassette 4 voies de soufflage	2,5	16	40	7 560
	FFQ60B/RKS60F	Cassette 4 voies de soufflage	5,8	10	58	9 900
	FDQ200B/RZQ200C	Gainable	20	3	60	12 420
	FDQ250B/RZQ250CY	Gainable	24,1	1	24,1	5 340
	VAM1500FA	Unité de ventilation		1		1 500
	VAM1000FA	Unité de ventilation		1		1 000
	TOTAL			84	389,6	78 648
MEZZA	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	7	07,5	4 536
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	9	31,5	4 788
	FTXS50J/RKS50J	Mural	5	3	15	2 088
	FFQ35B/RKS35J		3,4	6	20,4	5 040
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	9	42,3	6 480
	FCQ71C/RR71BV	Cassette soufflage circulaire	7,1	8	56,8	14 208

	FFQ25B/RKS25J	Cassette 4 voies de soufflage	2,5	7	07,5	4 860
	FFQ60B/RKS60F	Cassette 4 voies de soufflage	5,8	22	127,6	19 800
	VAM1000FA	Unité de ventilation		1		1 000
	TOTAL			73	330,6	63 364
R+1	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	20	94	14 400
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	8	28	5 472
	TOTAL			28	122	19 872
R+2	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	3	7,5	1 944
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	4	14	2 736
	FTXS50J/RKS50J	Mural	5	3	15	2 088
	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	6	20,4	3 780
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	20	94	14 400
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			38	152,9	26 012
R+3	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	3	7,5	1 944
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	8	28	5 472
	FTXS50J/RKS50J	Mural	5	4	20	2 784
	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	5	07	3 150
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	14	65,8	10 080
	FFQ60B/RKS60F	Cassette 4 voies de soufflage	5,8	3	07,4	11 700
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			39	157,7	36 194
R+4	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	1	2,5	648
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	4	14	2 736
	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	1	3,4	630
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	19	89,3	13 680
	FDQ250B/RZQ250CY	Gainable	24,1	2	48,2	10 680
	VAM1000FA	Unité de ventilation		3		3 000
	VAM800FA	Unité de ventilation		1		800
	TOTAL			32	159,4	32 738
R+5	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	2	5	1 296
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	4	14	2 736
	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	16	54,4	10 080
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	8	37,6	5 760
	FFQ25B/RKS25J	Cassette 4 voies de soufflage	2,5	6	15	3 240
	VAM1000FA			1		1 000
	TOTAL			38	128	24 676
R+6	FTXS20J/RKS20J	Mural	2	1	2	564
	FTXS25J/RKS25J	Mural	2,5	2	5	1 296
	FTXS35J/RKS35J	Mural	3,5	5	07,5	3 420
	FTXS50J/RKS50J	Mural	5	1	5	696

	FFQ35B/RKS35J	Cassette 4 voies de soufflage	3,4	7	23,8	5 670
	FFQ50B/RKS50J	Cassette 4 voies de soufflage	4,7	16	75,2	11 520
	FFQ60B/RKS60F	Cassette 4 voies de soufflage	5,8	5	29	4 500
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			38	157,5	28 166
TOTAL BATIMENT UI				**372**	**1604,7**	**310 690**

Le système split donne alors des ratios de climatisations de :

Tableau 4: ratios de climatisation du split system

Niveaux	**Surfaces à climatiser (m²)**	**Charges (kW)**	**Ratios moyen (W/m²)**
Sous-sol	14	3,5	250
Rez de chaussée	1 633	386,9	242
Mezzanine	1 376	330,6	243
R+1	463	122	249
R+2	612	152,9	236
R+3	607	157,7	255
R+4	619	159,4	267
R+5	539	128	221
R+6	610	157,5	255
TOTAL BATIMENT	**6 483**	**1 604**	**250**

Le split system à mettre en place nécessite donc 372 splits pour un ratio moyen de climatisation de 250 W/m².

IV.2.2 Choix des terminaux de diffusion de l'air

Les unités de diffusion sont raccordées aux gainables et aux unités de ventilation mis en place. Les diffuseurs circulaires seront installés au niveau du hall clientèle qui a un grand volume et les diffuseurs carrés seront installés dans les autres locaux.

Le choix des diffuseurs est expliqué par leur esthétique, leur débit, leur niveau sonore et leur pression. Ils sont de la marque France air (catalogue 2012).

Les unités choisies sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5: choix des unités terminales de distribution pour le split system

Désignation	**Référence unité**	**Qté**
Diffuseurs circulaires	Perlys 4 900 m^3/h	07
Grilles de reprise	LAU PF 1475-5	26
Diffuseurs carrés	DAP 40 300 x 300	68
Cadres en bois	Dimensions 300 x 300	38

En annexe II-3 est présenté le plan de climatisation avec le split system du R+1.

IV.3 Choix des équipements du système VRV

IV.3.1 Choix des unités intérieures

Les critères de sélection des unités intérieures sont identiques à ceux de la solution split system.

Les unités sont choisies dans le catalogue VRV DAIKIN 2013.

Les différentes unités intérieures (UI) choisies par niveau sont récapitulées dans le Tableau 6 ci-dessous.

Le Tableau 25 en annexe III-1 présente un récapitulatif complet de choix des unités intérieures et extérieures VRV pour le niveau R+1.

Tableau 6: récapitulatif des unités intérieures VRV

Niveaux	**Référence unité**	**Type**	**Puissance unitaire (kW)**	**Qté**	**Puissance totale (kW)**	**Débit d'air soufflé (m^3/h)**
Sous-sol	FXAQ32P	Mural	3,6	2	7,2	1 020
RDC	FXAQ20P	Mural	2,2	6	13,2	2 700
	FXAQ25P	Mural	2,8	7	19,6	3 360
	FXAQ32P	Mural	3,6	8	28,8	4 080
	FXAQ50P	Mural	5,6	1	5,6	900
	FXZQ25M9	Cassette 4 voies	2,8	21	58,8	11 340
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	13	46,8	7 410
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	2	9	1 320
	FXZQ50M9	Cassette 4 voies	5,6	13	72,8	10 920
	FXFQ63P9	Cassette soufflage circulaire	7,1	8	56,8	7 920
	FXMQ250MA	Gainable	28	3	84	12 960
	VAM1500FA	Unité de ventilation		1		1 500
	VAM1000FA	Unité de ventilation		1		1 000
	TOTAL			**84**	**395,4**	**65 410**
MEZZA	FXAQ20P	Mural	2,2	3	6,6	1 350
	FXAQ25P	Mural	2,8	8	22,4	3 840
	FXAQ32P	Mural	3,6	5	18	2 550
	FXAQ50P	Mural	5,6	3	16,8	1 800
	FXZQ25M9	Cassette 4 voies	2,8	7	19,6	3 780
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	8	28,8	5 130
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	8	36	3 960
	FXZQ50M9	Cassette 4 voies	5,6	22	123,2	18 480
	FXFQ63P9	Cassette soufflage circulaire	7,1	8	56,8	7 920

	VAM1000FA	Unité de ventilation		1		1 000
	TOTAL			**73**	**328,2**	**49 810**
R+1	FXAQ32P	Mural	3,6	2	7,2	1 020
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	20	90	13 200
	FXAQ50P	Mural	5,6	6	33,6	5 400
	TOTAL			**28**	**130,8**	**19 620**
R+2	FXAQ20P	Mural	2,2	1	2,2	450
	FXAQ25P	Mural	2,8	5	14	2 400
	FXAQ32P	Mural	3,6	3	10,8	510
	FXAQ50P	Mural	5,6	2	11,2	1 800
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	6	21,6	3 420
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	20	90	13 200
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			**38**	**149,8**	**22 280**
R+3	FXAQ20P	Mural	2,2	1	2,2	450
	FXAQ25P	Mural	2,8	5	14	2 400
	FXAQ32P	Mural	3,6	6	21,6	2 040
	FXAQ50P	Mural	5,6	4	22,4	3 600
	FXZQ25M9	Cassette 4 voies	2,8	2	5,6	1 080
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	3	10,8	1 710
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	13	58,5	8 580
	FXZQ50M9	Cassette 4 voies	5,6	4	22,4	3 360
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			**39**	**157,5**	**23 720**
R+4	FXAQ20P	Mural	2,8	2	5,6	960
	FXAQ32P	Mural	3,6	4	14,4	2 040
	FXZQ25M9	Cassette 4 voies	2,8	1	2,8	540
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	2	7,2	1 140
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	07	76,5	11 220
	FXMQ200MA	Gainable	22,4	2	44,8	6 960
	VAM800FA	Unité de ventilation		1		800
	VAM1000FA	Unité de ventilation		3		3 000
	TOTAL			**32**	**151,3**	**25 860**
R+5	FXAQ20P	Mural	2,2	2	4,4	900
	FXAQ25P	Mural	2,8	1	2,8	480
	FXAQ32P	Mural	3,6	4	14,4	2 040
	FXZQ25M9	Cassette 4 voies	2,8	4	11,2	2 160
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	14	50,4	7 980
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	9	40,5	5 940
	FXZQ50M9	Cassette 4 voies	5,6	3	16,8	2 520
	VAM1000FA	Unité de ventilation		1		1 000
	TOTAL			**38**	**140,5**	**23 020**
R+6	FXAQ20P	Mural	2,2	1	2,2	450
	FXAQ25P	Mural	2,8	2	5,6	960

	FXAQ32P	Mural	3,6	5	18	2 550
	FXAQ50P	Mural	5,6	1	5,6	900
	FXZQ32M9	Cassette 4 voies	3,6	9	32,4	5 130
	FXZQ40M9	Cassette 4 voies	4,5	12	54	7 920
	FXZQ50M9	Cassette 4 voies	5,6	6	33,6	5 040
	FXFQ63P9	Cassette soufflage circulaire	7,1	1	7,1	990
	VAM500FA	Unité de ventilation		1		500
	TOTAL			**38**	**158,5**	**24 440**
TOTAL BATIMENT UI				**372**	**1 619**	**255 180**

Les ratios de climatisation sont alors les suivants :

Tableau 7: ratios de climatisation du système VRV

Niveaux	**Surfaces à climatiser (m²)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m²)**
Sous-sol	14	3,6	259
Rez de chaussée	1 633	395,4	268
Mezzanine	1 376	328,2	253
R+1	463	130,8	216
R+2	612	149,8	232
R+3	607	157,5	249
R+4	619	151,3	258
R+5	539	140,5	252
R+6	610	158,5	261
TOTAL BATIMENT	**6 483**	**1 619**	**256**

Pour le système VRV de ce bâtiment, 372 unités intérieures sont donc à prévoir pour un ratio total de 256 W/m².

Les terminaux de diffusion de l'air choisi pour les gainables et les unités de ventilation du split system sont également valables pour le système VRV (voir Tableau 5).

IV.3.2 Choix des unités extérieures

Les unités extérieures sont choisies suivant les indices des unités intérieures. Les indices des unités intérieures vont de 20 à 250. Ces indices ne sont rien d'autres que les deux chiffres présents dans la référence des unités intérieures (FXZQ20 a pour indice 20).

A titre d'exemple, pour un circuit composé de trois unités intérieures VRV de référence FXZQ20M9, FXZQ50M9 et FXAQ25P, la somme des indices est de 95. Conformément à la table des indices donnés en annexe III-4 (Tableau 26), l'unité extérieure RXYQ5P7 conviendrait à l'installation avec une marge de sécurité de 40%.

Le même principe a été utilisé pour choisir les différentes unités extérieures du bâtiment.

Notons que le RDC est divisé en six zones (hall clientèle, GP, AE, AF, WU et LT) dont chacune est alimentée par une unité extérieure.

La mezzanine est également divisée en deux zones (SM et SE) chacune étant alimentée par une unité extérieure.

Le récapitulatif par niveau est donné dans le tableau ci-après :

Tableau 8: récapitulatif du choix des unités extérieures VRV

Niveaux	**Référence unité**	**Puissance unitaire (kW)**	**Qté**	**Puissance totale (kW)**	**Débit d'air soufflé (m^3/h)**
RDC + SOUS SOL	RXYQ34P	94	1	94	28 320
	RXYQ20P	55,9	2	111,8	44 040
	RXYQ18PA	49	2	98	28 680
	RXYQ24P	67	1	67	23 520
MEZZANINE	RXYQ54P	147	1	147	43 020
	RXYQ50P	138	1	138	42 660
R+1	RXYQ42P	116	1	116	37 860
R+2	RXYQ48P	132	1	132	40 440
R+3	RXYQ48P	132	1	132	40 440
R+4	RXYQ48P	132	1	132	40 440
R+5	RXYQ44P	120	1	120	38 940
R+6	RXYQ50P	138	1	138	42 660
TOTAL BATIMENT UI			**14**	**1 426**	**451 020**

Avec le système VRV, 14 unités extérieures pour 372 unités intérieures seront mises en place.

IV.3.3 Raccords Refnet et liaisons frigorifiques

Les raccords refnets et les liaisons frigorifiques sont choisi sur le principe des indices.

Pour un tronçon par exemple où le cumul des indices est de de 75, en se référant à l'annexe II-2, le refnet correspondant a pour référence KHRQ22M20T.

Pour ce même tronçon, en se rapportant à l'abaque de sélection des sections de cuivre (Table 4), la section entre raccord refnets (colonne 2) est de 5/8 pour le gaz et 3/8 pour le liquide.

La section entre unité extérieure et refnet est lue dans la colonne une et la section entre les refnets et les unités intérieures dans la colonne trois de l'abaque.

En illustration le plan du R+1 est donné en annexe III-3 avec les différentes références des équipements nécessaires, des raccords refnets et les sections des liaisons.

IV.4 Choix des équipements du système de climatisation centralisée par monobloc

Conformément à la méthodologie définie au paragraphe III.3.3, les résultats obtenus par niveau pour le système de climatisation par roof top sont résumés dans les différents points suivants.

IV.4.1 Choix des monoblocs

Les monoblocs choisis sont de la marque CIAT (catalogue 2012).

Le tableau 9 ci-dessous présente les résultats de l'étude ainsi que les résultats de la sélection. Chaque zone bien précise est alimentée par un roof top. Les charges de climatisation par m² de surface vont de 207 à 273.

Tableau 9: récapitulatif du choix des monoblocs

		RESULTATS ETUDE				**SELECTION**				
		S (m^2)	**P (kW)**	**Débit (m^3/h)**	**Pdc (Pa)**	**Modèle monobloc**	**P (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**Débit d'air (m^3/h)**	**Pression (Pa)**
RDC	GP	413	87	14 245	339	Space PF 415	92	223	18 000	832
	WU	268	61,2	8 348	276	Space PF 240	60,8	227	12 000	805
	AE	203	49,4	8 755	285	Space PF 180	45,1	222	9 000	841
	LT	202	35,3	6 747	342	Space PF 180	45,1	223	9 000	841
	AF	280	52	9 071	354	Space PF 240	60,8	207	12 000	805
	Hall	281	65,7	8 639	263	Space PF 320	75,6	269	14 300	634
Mezza	SM	729	151,5	22 734	454	Space PF 720	168,7	231	30 000	635
	SE	647	123,8	19 104	402	Space PF 650	152,1	235	27 500	727
R+1		463	95,6	15 571	249	Space PF 480	108	233	18 200	822
R+2		612	123,8	20 503	252	Space PF 600	137,50	225	24 000	775
R+3		607	115	18 993	247	Space PF 600	137,50	223	24 000	775
R+4		619	120,3	19 045	231	Space PF 600	137,50	222	24 000	775
R+5		539	105,9	07 057	282	Space PF 540	126,20	234	20 400	734
R+6		610	136,4	22 220	275	Space PF 600	137,50	225	24 000	775
TOTAL BATIMENT		**6 483**	**1 323**	**194 075**	**4 252**		**1 484,4**	**229**	**266 400**	**10 776**

Quatorze (14) roofs tops sont donc à prévoir pour le bâtiment.

IV.4.2 Choix des unités terminales de diffusion de l'air

Le débit d'air total de chaque monobloc est partagé entre les différents locaux qui lui sont raccordés, en fonction de leurs surfaces.

Les terminaux de diffusion choisis doivent avoir un débit supérieur ou égal aux débits calculés.

Le niveau sonore, la portée et la pression sont également des aspects à considérer pour le choix des terminaux.

Le total des terminaux de diffusion pour le bâtiment est récapitulé dans le Tableau 10.

Un récapitulatif complet de choix des terminaux pour le R+1 est donné en annexe IV-2.

Tableau 10: récapitulatif de choix des terminaux de diffusion pour le système roof top

Désignation	**Référence unité**	**Débit unitaire (m^3/h)**	**Qté**
Diffuseurs carrés	DAP 40 300 x 300	600	296
	DAP 40 375 x 375	700	302
	DAP 40 450 x 450	1000	116
Grilles murales	GAC 21 300 x 100	600	52
	GAC 21 400 x 150	1000	5
Diffuseurs circulaires	PERLYS 4	1000	19
	PERLYS 4	1400	5
Cadres en bois	Dimensions 300 x 300		296
	Dimensions 375 x 375		302
	Dimensions 450 x 450		116
	Dimensions 300 x 100		52
	Dimensions 400 x 150		5

IV.4.3 Dimensionnement du réseau de gaines

Les gaines circulaires sont privilégiées en raison de leurs faibles pertes de charges. Mais pour des raisons techniques, l'utilisation des gaines rectangulaires est parfois obligée.

Dans le cas présent de cette étude par exemple, la hauteur du faux plafond est limitée à 40 cm ce qui rend impossible le passage des gaines de plus de 355 mm de diamètre.

Les gaines utilisées sont en staff en raison de leur coût abordable et de leur disponibilité.

Le plan du R+1 du système de climatisation monobloc est donné en exemple en annexe IV-5.

IV.5 Sélection des équipements du système de centrale à eau glacée

IV.5.1 Sélection des terminaux de distribution

IV.5.1.1 Choix des CTA

Une CTA est prévue pour le hall clientèle qui se situe au RDC. Une autre CTA, CTA air neuf sera mise en place pour les halls, les salles de réunion et les salles d'attentes.

Conformément à la méthodologie décrite plus haut, l'écart de température est fixé à 10 °C, ce qui donne une température d'air soufflé de 14 °C. Les CTA doivent alors respecter les données suivantes :

Tableau 11: critères de sélection des CTA

	CTA hall clientèle	CTA air neuf
Débit d'air (m^3/h)	7 069	7 434
Pression (Pa)	188	233
Puissance de la batterie froide (kW)	44,58	89

Les CTA sont alors choisis dans le catalogue CIAT de 2012. Les deux CTA sont du type Climaciat Airtop 100 avec un débit d'air de 7 500 m^3/h.

IV.5.1.2 Sélection des ventilo convecteurs

Les résultats récapitulés par niveau sont donnés dans le tableau ci-après. En annexe V est donné un exemple de choix des ventilo convecteurs par local du R+1.

Tableau 12: récapitulatif du choix des unités terminales de distribution du système à EG

Niveaux	**Reference unité**	**Type**	**Puissance unitaire (kW)**	**Qté**	**Puissance totale (kW)**	**Débit d'air soufflé (m^3/h)**	**Débit d'eau (l/s)**
Sous-sol	FWT04CT	Mural	3,31	2	6,62	1 732	0,32
RDC	FWT02CT	Mural	2,43	6	14,58	2 652	0,70
	FWT03CT	Mural	2,7	3	8,1	1 428	0,39
	FWT04CT	Mural	3,31	9	29,79	7 794	1,43
	FWT05CT	Mural	4,54	2	9,08	1 732	0,43
	FWT06CT	Mural	5,28	1	5,28	1 053	0,25
	FWF03BT	Cassette 4 voies	2,8	18	50,4	9 828	2,41
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	14	42,2	7 920	2,21
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	2	8	1 752	0,38
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	3	15	3 186	0,72
	FWC07BT	Cassette soufflage circulaire	5,6	10	56	12 360	2,68

	FWC08BT	Cassette soufflage circulaire	6,3	2	12,6	3 036	0,60
	FWC09BT	Cassette soufflage circulaire	7,2	8	57,6	14 208	2,76
	FWD16AT	Gainable	16,4	2	32,8	6 000	1,57
	Climaciat 100	CTA	44,58	1	44,58	7 500	2,13
	TOTAL			**81**	**390,01**	**80 449**	**18,7**
MEZZANINE	FWT02CT	Mural	2,43	3	7,29	1 326	0,35
	FWT03CT	Mural	2,7	2	5,4	952	0,26
	FWT04CT	Mural	3,31	11	36,41	9 526	1,74
	FWT05CT	Mural	4,54	2	9,08	1 732	0,43
	FWT06CT	Mural	5,28	1	5,28	1 053	0,25
	FWF03BT	Cassette 4 voies	2,8	5	14	3 276	0,67
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	5	16,5	1 980	0,79
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	4	16	3 504	0,77
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	9	45	9 558	2,15
	FWC07BT	Cassette soufflage circulaire	5,6	07	95,2	21 012	4,56
	FWC08BT	Cassette soufflage circulaire	6,3	5	31,5	7 590	1,51
	FWC09BT	Cassette soufflage circulaire	7,2	8	57,6	14 208	2,76
	TOTAL			**72**	**339,26**	**75 707**	**16,2**
R+1	FWT04CT	Mural	3,31	8	26,48	5 032	1,27
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	20	80	07 520	3,83
	TOTAL			**28**	**106,48**	**22 552**	**5,1**
R+2	FWT02CT	Mural	2,43	4	9,72	1 768	0,47
	FWT04CT	Mural	3,31	4	13,24	3 464	0,63
	FWT05CT	Mural	4,54	2	9,08	1 732	0,43
	FWT06CT	Mural	5,28	1	5,28	1 053	0,25
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	6	19,8	3 960	0,95
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	16	64	14 016	3,06
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	4	20	4 248	0,96
	TOTAL			**37**	**141,12**	**30 241**	**6,76**
R+3	FWT02CT	Mural	2,43	1	2,43	442	0,12
	FWT03CT	Mural	2,7	6	16,2	2 856	0,78
	FWT04CT	Mural	3,31	5	16,55	4 330	0,79
	FWT05CT	Mural	4,54	4	18,16	3 464	0,87
	FWF03BT	Cassette 4 voies	2,8	2	5,6	936	0,27
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	2	6,6	1 320	0,32
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	14	56	12 264	2,68
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	1	5	1 062	0,24
	FWC07BT	Cassette soufflage circulaire	5,6	3	16,8	3 708	0,80

	TOTAL			**38**	**143,34**	**30 382**	**6,9**
R+4	FWT02CT	Mural	2,43	2	4,86	884	0,23
	FWT04CT	Mural	3,31	4	13,24	3 464	0,63
	FWF03BT	Cassette 4 voies	2,8	1	2,8	468	0,13
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	11	44	9 636	2,11
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	8	40	8 496	1,92
	FWD16AT	Gainable	16,4	3	49,2	9 000	2,36
	TOTAL			**29**	**154,1**	**31 948**	**7,38**
R+5	FWT02CT	Mural	2,43	2	4,86	884	0,23
	FWT03CT	Mural	2,7	1	2,7	476	0,13
	FWT04CT	Mural	3,31	4	13,24	3 464	0,63
	FWF03BT	Cassette 4 voies	2,8	2	5,6	2 808	0,27
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	16	52,8	7 920	2,53
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	8	32	7 008	1,53
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	4	20	4 248	0,96
	TOTAL			**37**	**131,2**	**26 808**	**6,3**
R+6	FWT02CT	Mural	2,43	3	7,29	1 326	0,35
	FWT04CT	Mural	3,31	3	9,93	2 598	0,48
	FWT05CT	Mural	4,54	3	13,62	2 598	0,65
	FWF04BT	Cassette 4 voies	3,3	7	23,1	5 940	1,11
	FWF05BT	Cassette 4 voies	4	10	40	7 008	1,92
	FWC06BT	Cassette soufflage circulaire	5	4	20	4 248	0,96
	FWC07BT	Cassette soufflage circulaire	5,6	6	33,6	7 416	1,61
	FWC08BT	Cassette soufflage circulaire	6,3	1	6,3	1 578	0,30
	TOTAL			**37**	**153,44**	**32 712**	**7,4**
	Climaciat 100	CTA	89	1	89	7 500	4,26
TOTAL BATIMENT UI				**362**	**1 655**	**340 041**	**79,2**

Les ratios de climatisation s'élèvent alors à :

Niveaux	Surfaces à climatiser (m^2)	Charges (kW)	Ratios (W/m^2)
Sous-sol	14	3,31	238
Rez de chaussée	1 633	390,01	249
Mezzanine	1 376	339,26	264
R+1	463	106,48	221
R+2	612	141,12	227
R+3	607	143,34	232
R+4	619	154,1	253
R+5	539	131,2	242
R+6	610	153,84	259
TOTAL BATIMENT	**6 483**	**1 563**	**248**

IV.5.1.3 Choix des terminaux de diffusion de l'air

Les terminaux de diffusion raccordés aux CTA et aux gainables ont les caractéristiques suivantes :

Tableau 13: choix des terminaux de diffusion système à EG

Désignation	Référence unité	Qté
Diffuseurs circulaires	Perlys 4	12
Grilles de reprise	LAU PF 1475-5	26
Diffuseurs carrés	DAP 40 300 x 300	68
Cadres	Dimensions 300 x 300	60

Les terminaux sont choisis dans le catalogue France air 2012.

IV.5.2 Choix des groupes frigorifiques

Quatre groupes frigorifiques seront mis en place en raison de la grande puissance de l'installation et du débit d'eau nécessaire. Tous les groupes fonctionneront simultanément.

Les groupes choisis sont à condensation à eau car ils ont de meilleurs rendements. Ils sont de la marque DAIKIN.

Les caractéristiques des groupes sont les suivantes :

Tableau 14: choix des groupes frigorifiques du système à EG

Référence	Qté	Puissance unitaire (kW)	Débit d'eau unitaire (l/s)
EWWD460G-XS	4	443	21,21

Avec le système à eau glacée, 362 terminaux de distribution sont à prévoir avec quatre groupes de production. La charge de climatisation s'élève alors à 248 W/m^2 sur l'ensemble du bâtiment.

IV.5.3 Choix des organes du circuit hydraulique

IV.5.3.1 Choix des pompes

Toutes les pompes seront des pompes doubles.

Au niveau du circuit primaire, quatre pompes assureront le passage de l'eau des groupes vers le ballon. En aval quatre pompes se chargeront également de véhiculer l'eau de la tour de refroidissement vers les groupes frigorifiques.

Pour le circuit secondaire, une pompe alimentera les CTA et les gainables, et une autre alimentera les ventilo-convecteurs.

Les pompes choisies sont de la marque SALMSON.

La hauteur manométrique est évaluée à 0,7 mCE pour les pompes primaires, 1,58 mCE pour la pompe secondaire, 1,88 mCE pour la pompe de la CTA air neuf + CTA hall + gainable et 0,13 mCE pour les pompes de la tour de refroidissement.

Les caractéristiques des pompes sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15: choix des pompes

	Références	**Débit (m^3/h)**	**HMT (m)**	**Puissance électrique (kW)**	**Qté**
Pompes primaires	DIL 412-19/4-DN125	80	9,5	4,6	4
Pompe secondaire ventilo-convecteurs	DIL 420-24/15-DN200	265	12	18	1
Pompe CTA air neuf + CTA hall + gainable	DIL 410-14,5/1,1-DN100	40	4,5	1,2	1
Pompe tour de refroidissement	DIL 412-19/4-DN125	50	9,6	4,5	4

IV.5.3.2 Choix du ballon tampon

Le rôle du ballon tampon est de diminuer la fréquence d'arrêt et de démarrage des groupes frigorifiques afin de prolonger leur durée de vie.

Dans cette étude, le volume de stockage du ballon tampon sera déterminé de telle sorte que son stockage corresponde à 2 min de la consommation en eau de l'installation. Sur cette base, le volume d'eau à stocker correspond à 9 m^3.

Le ballon sera fabriqué en acier noir, isolé en polyuréthane et revêtu en aluminium.

IV.5.3.3 Choix de la tour de refroidissement

Pour cette étude, la tour sera du type ouvert à contre-courant à cause de la grande puissance de l'installation [15].Conformément à la méthodologie, la puissance frigorifique de l'installation

étant de 1 563 kW, la tour de refroidissement doit avoir une puissance minimale de 1 954 kW. Par conséquent deux tours de la marque ARS de SEEE Côte d'Ivoire sont choisies. Ces tours ont une puissance unitaire de 1 005 kW (voir fiche technique en annexe V-7).

IV.5.3.4 Choix des conduites

Les conduites sont en acier noir, isolées en polyuréthane et revêtues de flinkote pour les grands diamètres. Les petits diamètres (ceux du circuit de distribution) sont en klyoclim de la marque Girpi.

Conformément à la méthodologie décrite, les sections des conduites varient de 15 mm à 200 mm.

Le plan de climatisation du R+1 est donné en annexe V-6 sur lequel figure les ventilo convecteurs et les sections de conduites.

IV.6 Estimation des coûts d'investissement et d'exploitation

Tableau 16: évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation des différents systèmes

	Split system	**Monobloc**	**VRV**	**CEG**
I/INVESTISSEMENT				
Unités extérieures (roof top, GF, UE VRV)	0	335 959 974	398 677 540	389 649 282
Unités intérieures (split, diffuseurs, ventilo-convecteurs, CTA, UI VRV) y compris télécommandes	344 536 943	125 763 144	379 447 592	329 728 860
Réseau hydraulique, frigorifique, aéraulique y compris isolation, refnet et condensat	146 076 841	076 743 459	204 520 554	149 534 905
Liaisons électriques y compris coffrets et câbles de communication	43 239 116	14 759 901	33 149 761	65 081 005
Ballon	0	0	0	8 360 000
Pompes + tour de refroidissement + traitement de l'eau	0	0	0	95 952 700
Accessoires et outillages (vis, chevilles, supports de fixation…)	4 240 000	4 245 000	8 280 000	136 530 941
Investissement net TTC	**538 437 400**	**657 471 478**	**1 024 075 446**	**1 074 837 693**
II/EXPLOITATION				
Maintenance/Entretien sur 10 ans	216 000 000	99 600 000	115 500 000	070 700 000
Coût de l'électricité sur 10 ans	1 280 495 923	892 988 928	1 035 890 279	1 298 222 208
Coût dû au remplacement sur 10 ans	516 237 305	0	0	0
Coût d'exploitation total sur 10 ans	**2 012 733 228**	**992 588 928**	**1 151 390 279**	**1 468 922 208**
Total investissement et exploitation sur 10 ans	**2 551 070 628**	**1 650 060 406**	**2 075 465 726**	**2 643 759 901**

Comme l'indique le tableau ci-dessus, les coûts d'investissement des différents systèmes sont les suivants :

- Le split system : cinq cent trente-huit millions quatre-cent-trente-sept mille quatre cent (**538 437 400**) FCFA
- le système VRV : un milliard vingt-quatre millions soixante-quinze mille quatre cent quarante-six (**1 024 075 446**) FCFA
- le système roof top : six cent cinquante-sept millions quatre cent soixante-onze mille quatre cent soixante-dix-huit (**657 471 478**) FCFA
- le système à eau glacée : un milliard cent soixante-quatorze millions huit cent trente-sept mille six cent quatre-vingt-treize (**1 074 837 693**) FCFA.

Les coûts d'exploitation sur 10 ans sont les suivants :

- Le split system : deux milliards douze millions sept cent trente-trois mille deux cent vingt-huit (**2 012 733 228**) FCFA.
- le système VRV : un milliard cent cinquante un millions trois cent quatre-vingt-dix mille deux cent soixante-dix-neuf (**1 151 390 279**) FCFA.
- le système roof top : neuf cent quatre-vingt-douze millions cinq cent quatre-vingt-huit mille neuf cent vingt-huit (**992 588 928**) FCFA
- le système à eau glacée : un milliard quatre cent soixante-huit millions neuf cent vingt-deux mille deux cent huit (**1 468 922 208**) FCFA.

V. DISCUSSIONS ET ANALYSES

Dans cette partie, les différents systèmes étudiés seront comparés à proprement dit sur un plan technico économique

V.1 Difficultés et facilités techniques

V.1.1 Système de climatisation par split

L'installation des splits est assez aisée. En effet il suffit de poser les unités intérieures et extérieures et de les relier avec une liaison frigorifique. Mais cela devient difficile lorsqu'il y a une multitude de splits et surtout, lorsque les unités extérieures sont placées en hauteur.

Du point de vue entretien, l'entretien des splits est facile car ne consistant qu'au lavage des filtres et au nettoyage de la carrosserie des unités. Il ne nécessite donc pas une main d'œuvre hautement qualifiée.

Au niveau du confort, les splits possèdent une gamme variée de puissance qui s'adapte en fonction des besoins des locaux. Aussi les occupants peuvent-ils jouer sur la température de soufflage par l'utilisation de la télécommande.

Cependant les splits system présentent l'inconvénient d'être inesthétique vu le nombre d'unités extérieures à mettre en place. La Figure 7 illustre un immeuble climatisé par split system. Presque toutes les façades sont recouvertes d'unité extérieure ce qui impacte l'architecture du bâtiment. Aussi vue la hauteur, l'entretien devient difficile.

D'un autre côté, le nombre élevé de splits entraînent un poids total d'unités extérieures immense pouvant jouer sur la structure porteuse du bâtiment. En considérant un poids moyen d'une unité de 34 kg, le poids total correspondant à 376 splits est d'environ 13 tonnes, équivalent du poids d'un camion de sapeur-pompier comportant 3 tonnes de poudre [16].

Figure 7: splits en façade

V.1.2 Système VRV

L'avantage premier des systèmes VRV est leur capacité de contrôler le volume de réfrigérant en fonction des besoins grâce à l'inverter. Ce sont de ce fait des économiseurs d'énergie.
Mais ces systèmes requièrent du personnel qualifié pour l'étude, la réalisation et l'entretien. En cas de fuite de fluide par exemple, la réparation est très compliquée. En effet vu le nombre élevé des unités intérieures, la localisation de la fuite est très difficile et nécessite la mise à l'arrêt de l'unité extérieure concernée entraînant l'arrêt de la climatisation de plusieurs locaux.
En ce qui concerne la mise en œuvre, les liaisons frigorifiques sont relativement plus complexes à réaliser par rapport à celles du split system à cause des différents raccordements (raccords refnets).
Sur le plan esthétique, le nombre limité des unités extérieures offre au système VRV la capacité de respecter l'architecture du bâtiment. Aussi contrairement au split system, le poids total des unités extérieures est d'environ 8 tonnes, qui est plus tolérable que 13 tonnes.
Enfin sur le côté confort, le système VRV possède les mêmes propriétés que le split system.

V.1.3 Système de climatisation par monobloc

L'avantage principal des roofs tops est leur facilité et leur rapidité de pose. En effet il suffit de déposer le monobloc sur un support et d'y raccorder les gaines principales.
Cependant l'étude menée a montré que ce système nécessite la mise en place d'un réseau aéraulique très encombrant dû au passage des multiples gaines. Le passage des gaines n'est même possible que pour une hauteur de faux plafond ramenée à 60 cm (au lieu de 40 cm) dans les couloirs, ce qui nécessite une modification du bâtiment. De plus, le bâtiment étant une banque, la mise en place de gaines ayant de grandes dimensions est fortement déconseillée car entraînant la baisse du niveau de sécurité. En effet des individus mal intentionnés peuvent en profiter et commettre des actes de vol.
Ensuite, les trémies existantes dans le bâtiment ne sont pas suffisantes ; la création de trémies complémentaires est donc obligatoire. La création des trémies, le poids des roofs tops et le poids des gaines risquent de fragiliser le bâtiment voir même l'écroulement de la structure.
Lors de l'exécution des travaux également, la complexité de la mise en œuvre nécessitera une main d'œuvre vraiment importante.
En résumé, la solution monobloc présente une réelle difficulté technique en ce qui concerne la mise en œuvre.

Du point de vue confort, la consigne de la température est ajustée au niveau de la centrale de production de froid d'où les occupants ne peuvent la régler directement.

Enfin en ce qui concerne l'esthétique, les monoblocs sont placés soit en toiture soit au sol, n'impactant pas ainsi l'architecture des façades.

V.1.4 Système à eau glacée

Le principal avantage du système à eau glacée est l'utilisation de l'eau. En effet l'eau transporte plus d'énergie que l'air ce qui rend le réseau hydraulique moins encombrant et moins bruyant que les réseaux aérauliques.

Mais l'inconvénient majeur de ces systèmes est également l'utilisation de l'eau qui n'est pas une ressource gratuite comparée à l'air, et qui provoque une formation accrue de condensat.

Aussi la mise en œuvre de ce système nécessite la création d'un local technique pour les groupes, les pompes et le ballon de stockage.

Ce système ne nuit pas à l'esthétique du bâtiment et offre aux occupants la capacité de jouer sur la température souhaitée dans le local.

V.2 Efficacité énergétique des systèmes

L'efficacité énergétique est le rapport entre ce que les systèmes produisent comme puissance frigorifique et qu'ils absorbent comme puissance électrique. Plus ce rapport ratio est élevé, plus le système consomme le moins d'énergie.

Les ratios de l'efficacité énergétique (en anglais Energy Efficiency Ratios EER) des systèmes dimensionnés sont les suivants :

Tableau 17: performances des systèmes

	Puissance électrique installée (kW)	**Puissance frigorifique installée (kW)**	**EER**
Split	534	1 604	3
VRV	**448**	**1 619**	**3,60**
EG	524	1 652	3,19
Monobloc	497	1 484	2,99

Le système VRV a l'EER le plus élevé qui est de 3,6. En termes d'efficacité énergétique et d'économie d'énergie, il est alors le meilleur. Ensuite viennent le système de climatisation à

EG avec un EER de 3,19 et le split system avec un EER de 3. Le système par monobloc est cependant celui ayant la plus faible performance avec un EER de 2,99. En effet malgré sa faible puissance frigorifique installée, il consomme plus de puissance électrique que le système VRV et le split system.

V.3 Impacts environnementaux

Les constructeurs choisis que sont DAIKIN et CIAT, conscients des enjeux environnementaux utilisent désormais le R410, le R407 et le R134a qui, à la différence du R22 n'ont pas de molécules de chlore. Ils ont par conséquent un potentiel d'action sur la couche d'ozone (PAO) nulle. Cependant comme l'indique le Tableau 18, le potentiel d'action sur l'effet de serre ($PAES_{100}$) du R134a est plus faible par rapport à celui du R410A. Le système de climatisation à eau glacée est donc celui dont l'impact environnemental dû à l'utilisation du fluide frigorigène est moindre.

Toutefois d'une manière indirecte, liée à l'utilisation de l'énergie électrique de la SONABEL (combustion dans les groupes thermiques), une certaine quantité de CO_2 est rejetée dans l'atmosphère afin d'alimenter les systèmes. Partant sur la base de 0,9 kgCO2/kWh de taux d'émission de dioxyde de carbone (2), les émissions de carbone sont calculées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18: impacts environnementaux des différents systèmes

	Split	**VRV**	**Monobloc**	EG
Emission de CO_2 par an en kg	1 093 192	896 444	772 779	1 123 462
Emission de CO_2 sur 10 ans en kg	10 931 916	8 964 435	7 727 789	11 234 615
Fluide utilisé	R410A	R410A	R410A	R134a
PAO	0	0	0	0
PAES	1975	1975	1975	1300

Il en ressort que le système de climatisation à eau glacée, bien qu'ayant le plus faible PAES, a la plus grande empreinte carbone contrairement au système de climatisation par monobloc. Ce qui ramène le système à EG au système contribuant le plus au réchauffement de la planète et le système monobloc le moins contribuable.

V.4 Comparaison des coûts d'investissement et d'exploitation

Comme l'indique la Figure 8, le système à eau glacée représente le système ayant le coût d'investissement le plus élevé. Ce coût élevé s'explique par les frais d'installation des différents éléments du système à savoir les pompes, le ballon tampon, la tour d'eau et les groupes frigorifiques. Le coût d'exploitation quant à lui est élevé à cause de la consommation électrique des différents équipements ci-dessus cités.

Contrairement au système à eau glacée, la solution split system a le plus faible coût d'investissement mais a le coût d'exploitation le plus élevé. Cela s'explique par la durée de vie limitée des splits qui est évaluée à environ 7 ans en moyenne, par leur consommation électrique mais également par le coût de la maintenance et de l'entretien.

Après le système à eau glacée, c'est le système VRV qui a un coût d'investissement élevé. En effet les unités intérieures et extérieures VRV sont relativement couteuses à l'achat. Le coût d'exploitation de ce système par contre, présente l'avantage d'être très abordable par rapport à son investissement en comparaison avec les autres systèmes.

Enfin le système de monobloc de toiture a le plus faible coût d'exploitation et un coût d'investissement faible après celui du split system. Cela s'explique par le nombre réduit des équipements qui le composent, sa consommation électrique moyenne et son coût de maintenance abordable.

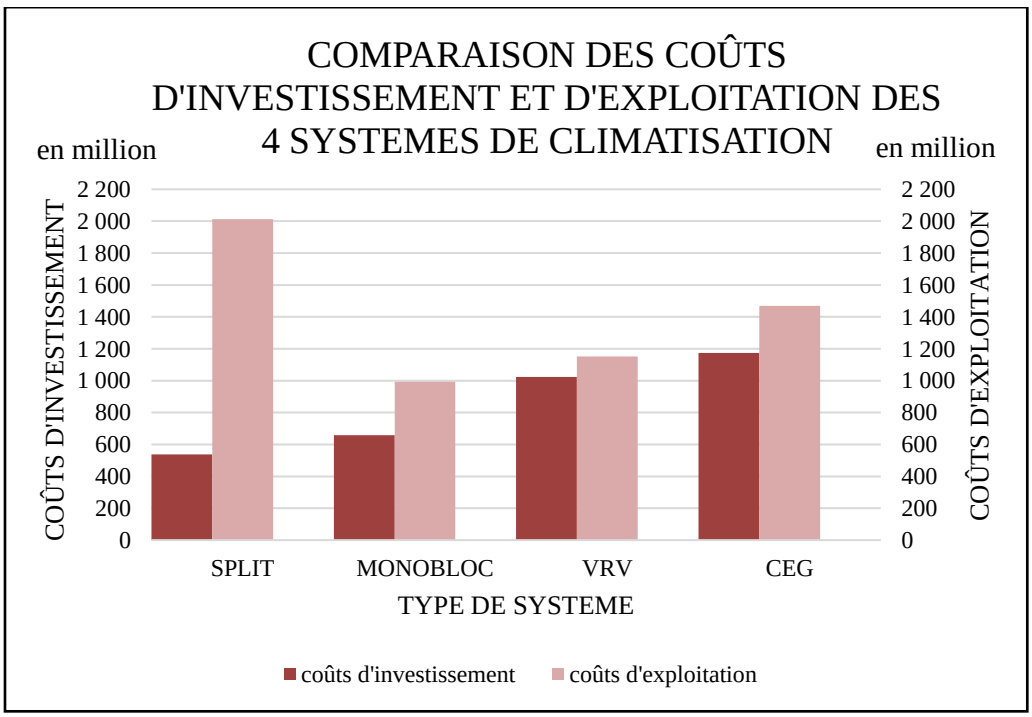


Figure 8: comparaison financière des différents systèmes

V.5 Ratios de climatisation

Hors mis les différents critères énoncés qui influent sur le choix des systèmes de climatisation, les ratios de climatisation sont également un moyen de juger de la performance d'un système. Ces ratios permettent de connaitre quelle est la puissance frigorifique installée sur une surface à climatiser. En pratique, les ratios pour un confort thermique absolu varient de 200 W/m² à 255 W/m².

Les ratios des différents systèmes dimensionnés sont alors les suivants:

Tableau 19: ratios de climatisation des différents systèmes

	Ratios W/m²
Split	250
VRV	**256**
EG	248
Monobloc	229

Tous les systèmes ont un bon ratio moyen de climatisation variant de 229 W/m² à 256 W/m². Le système VRV est par contre celui ayant le ratio le plus élevé contrairement au système de monobloc de toiture. Le système à eau glacée et le split system présentent des ratios moyens respectivement de 248 W/m² et de 250 W/m².

V.6 Synthèse des avantages et inconvénients des différents systèmes

Tableau 20: avantages et inconvénients des systèmes

	Avantages	Inconvénients
Split system	• Mise en œuvre simple et rapide • Entretien facile • Faible coût d'investissement • Main d'œuvre abordable	• Faible durée de vie • Inesthétique • Coût d'exploitation élevée • Consommation électrique élevée • Coût élevé de la maintenance
VRV	• Durée de vie élevée • EER élevé • Nombre limité d'unités extérieures • Respecte l'esthétique • coût d'exploitation abordable • système à économie d'énergie • grandes longueurs de cuivre	• Coût d'investissement élevé • Besoin de personnel qualifié • Maintenance difficile et compliquée • Grande quantité de fluide
Monobloc	• Installation simple et rapide • Respecte l'esthétique • Coût d'investissement et d'exploitation abordables • Coût de maintenance accessible • Faible impact environnemental • Durée de vie élevée	• EER faible • Réseau encombrant • Baisse du niveau de sécurité • Mise en œuvre techniquement difficile • Confort non contrôlé individuellement
Eau glacée	• Possibilité de stockage du froid • Réseau hydraulique non encombrant • Bon EER •	• Coûts d'exploitation et d'investissement élevés • Maintenance et • Beaucoup d'équipements • Fort impact environnemental

V.7 Notation des différents systèmes

Afin de mieux appréhender le choix du système, chaque système sera noté en fonction des différents critères. Ces notations vont de 1 à 4, avec respectivement mauvais pour le 1, passable pour le 2, bien pour le 3 et très bien pour le 4.

Les notations des différents systèmes sont alors les suivants :

Tableau 21: notation des différents systèmes

	VRV	**Eau glacée**	**Split**	**Monobloc**
Mise en œuvre	3	2	4	1
Confort	4	4	4	1
Esthétique	4	4	1	4
Efficacité énergétique	4	3	2	1
Impact environnemental	3	1	2	4
Coûts d'investissement	2	1	4	3
Coûts d'exploitation	3	2	1	4
TOTAL/28	**23**	17	18	18

Tous les systèmes ont la moyenne suivant les notations des différents critères. Le système à eau glacée cependant a le total le plus faible qui est de 17 sur 28. Viennent par la suite le split system et le système monobloc qui sont à égalité avec un total de 18 sur 28. Le système VRV est alors le système ayant le total le plus élevé qui est de 23 sur 28.

VI. CONCLUSION

Le but de cette étude était de proposer un système de climatisation pour le projet de construction de la BOA. Les systèmes étudiés ont été le système de climatisation par split, le système de climatisation par VRV, le système de climatisation par monobloc et le système de climatisation à eau glacée.

Suite à l'élaboration du bilan thermique par la méthode détaillée de Libert s'est fait le dimensionnement et la sélection des équipements des différents systèmes.

Après l'expression des différents résultats, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

- En termes de coûts d'investissements, le système à eau glacée revient le plus couteux et le système par split system le moins couteux
- En termes de coût d'exploitation, le split system est le plus coûteux et celui par monobloc le moins couteux sur une période de 10 ans
- Sur le plan technique, la mise en œuvre du split system est la plus aisée contrairement à celle du système de climatisation par roof top qui est d'autant plus techniquement difficile
- Au niveau esthétique, seule la solution par split system est inappropriée au regard de la hauteur et de l'esthétique du bâtiment
- Au niveau du confort, seul le système par roof top ne permet pas aux occupants de régler la température de consigne
- Du point de vue environnemental, le système monobloc présente la plus faible quantité de CO_2 rejeté contrairement au système à eau glacée
- Enfin sur le plan de l'efficacité énergétique, le VRV est le système qui présente le meilleur coefficient d'efficacité énergétique.

De ces constats, et en référence au Tableau 21, le système de climatisation par VRV est celui proposé pour le projet de construction de la BOA.

Ce système a un coût d'investissement et d'exploitation sur 10 ans d'environ deux milliard deux cent millions (2 200 000 000) de FCFA.

Ce système présente un coefficient d'efficacité énergétique de 3,6 pour un ratio de climatisation de 256 W/m^2. Les unités intérieures et extérieures de ce système s'harmonisent facilement avec l'architecture du bâtiment et offrent un confort absolu aux occupants.

VII. RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES

Certes le système VRV est une bonne approche pour l'immeuble de la BOA. Mais associer ce système VRV et le système de climatisation monobloc pourrait en être également une. Cette association viserait plutôt à améliorer le confort.

En effet, les constructeurs de monoblocs recommandent ce type de système pour les grands espaces de type commerciaux, les halls, etc., car le niveau de confort attendu dans ces zones est différent de celui des zones tertiaires. En effet les zones commerciales sont des zones où il est admis des courants d'air très faibles sans toutefois empiéter sur le confort des personnes (3). Dans ces zones également, les occupants n'y restent pas pendant longtemps au point de vouloir agir sur la température de soufflage. Les roofs tops qui n'offrent pas cette possibilité sont donc appropriés pour ces zones. De plus, l'utilisation d'un seul roof top pour le hall grand public uniquement ne constituerait pas un réseau aéraulique encombrant et n'influencerait pas forcement la structure du bâtiment.

Le split system pourrait également être associé et utilisé pour des salles telles que les locaux techniques, les salles serveurs, le local TGBT et les GAB afin d'y assurer une continuité des services. Les locaux éloignés et hors du bâtiment (local chauffeur par exemple) pourraient également être climatisés en split.

Cette étude ouvre alors les portes vers une autre étude sui serait de comparer sur un plan technico économique la combinaison du système VRV + monobloc + split aux systèmes de climatisation par VRV, split et monobloc.

VIII.BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

[1] Pr Yézouma Coulibaly, « Polycopié du cours Thermique du bâtiment 2iE. » octobre-2011.

[2] Pr Yézouma Coulibaly, « Polycopié du cours d'économies d'énergie. » décembre-2010.

[3] ASSOUMOU OBIANG Ernest, « Calculs des charges frigorifiques de climatisation. Comparaison de Cinq méthodes de calculs avec les résultats expérimentaux. », 2iE, Ouagadougou, 2007.

[4] Kurt Marti, « Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U ; construction neuve. » Office fédéral de l'énergie OFEN, 2002.

[5] IEPF, *Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale TOME 1*, vol. 1, 2 vol. Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie 56, rue Saint-Pierre, 3e étage, Québec (Qué.) G1K 4A1 Canada.

[6] IEPF, *Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale TOME 2*, vol. 2, 2 vol. Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie 56, rue Saint-Pierre, 3e étage, Québec (Qué.) G1K 4A1 Canada.

[8] « RÈGLES Th-U FASCICULE 3 : PAROIS VITRÉES. » CSTB, 23-nov-2012.

[9] Saint-Gobain, « SCG ANTELIO verre de contrôle solaire. ».

[10] Dr.Ing.SAYON SIDIBE, « Polycopié du cours de conditionnement d'air Master Energie 2iE. » 2014-2013.

[11] SEMPORE Jean Francis, « Polycopié du cours de technologie de climatisation EIER-ETSHER. » janv-2005.

[13] P.Dal Zotto, J.-M. Larre, A. Merlet, et al, *Memotech génie énergétique*, Educative. .

[14] TRAORE Moktar, « Etude comparée de deux systèmes de climatisation dans le cadre de la réhabilitation des amphithéâtres a, b, c de l'université d'Abobo-Adjamé », 2iE, Ouagadougou.

[15] H.NOACK, *Petit guide de l'entretien-dépannage des installations frigorifiques*, PYC. PYC, 1981.

Sites internet

[7] « Average Temperatures in Ouagadougou, Burkina Faso », *Climatemps.com*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.burkina-faso.climatemps.com/map.php. [Consulté le : 08-déc-2015].

[12] « Daikin VRV system air conditioner DC central inverter ac », *Alibaba*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.alibaba.com/product-detail/Daikin-VRV-system-air-conditioner-DC_1571426456.html. [Consulté le : 26-févr-2016].

[12] « Centrale de traitement d'air de toit-SPACE PF-CIAT », *Archiexpo*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.archiexpo.fr/prod/ciat/product-387-075222.html. [Consulté le : 26-févr-2016].

[16] « Véhicules d'intervention », *Ville de Genève*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.ville-geneve.ch/themes/securite-prevention/sapeurs-pompiers-ambulanciers/vehicules-intervention/vehicules-divers/. [Consulté le : 06-avr-2016].

[07] « Climatisation de surfaces industrielles et commerciales. » [En ligne]. Disponible sur : http://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/climatisation_industrie_commerce/avantages_du_rooftop/1097.htm. [Consulté le : 10-mars-2016].

IX. ANNEXES

Table des annexes

ANNEXE I : BILAN THERMIQUE 53

ANNEXE II : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SPLIT SYSTEM 55

ANNEXE II-1 : METHODOLOGIE DE SELECTION DES SPLITS 55
ANNEXE II-2 : SELECTION DES SPLITS PAR LOCAL DU R+1 56
ANNEXE II-3 : PLAN DE CLIMATISATION DU R+1 SPLIT SYSTEM 57
ANNEXE II-4 : FICHES TECHNIQUES DU SPLIT SYSTEM 58

ANNEXE III : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME VRV 60

ANNEXE III-1 : CHOIX DES UNITES INTERIEURES ET EXTERIEURES VRV 60
ANNEXE III-2 : ABAQUES DE SELECTION DES TUBES CUIVRES ET DES RACCORDS REFNETS 61
ANNEXE III-3 : PLAN DE CLIMATISATION DU R+1 DU SYSTEME VRV 63
ANNEXE III-4 : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME VRV 64

ANNEXE IV : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME MONOBLOC 66

ANNEXE IV-1 : DIAGRAMME PSYCHOMETRIQUE 66
ANNEXE IV-2 : CHOIX DES EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION DU R+1 DU SYSTEME MONOBLOC ... 67
ANNEXE IV-3 : CALCUL DES PERTES DE CHARGES ET DIMENSIONNEMENT DES GAINES DU R+1 68
ANNEXE IV-4 : ABAQUES AERAULIQUES 70
ANNEXE IV-5 : PLAN DU R+1 DU SYSTEME DE CLIMATISATION PAR ROOF TOP 72
ANNEXE IV-6 : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME ROOF TOP 73

ANNEXE V : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME A EAU GLACEE 77

ANNEXE V-1 : SCHEMA D'INSTALLATION DU SYSTEME A EAU GLACEE 77
ANNEXE V-2 : CHOIX DES UNITES DE DISTRIBUTION DU SYSTEME A EG DU R+1 78
ANNEXE V-3 : ABAQUE DE SELECTION DES SECTIONS DES CONDUITES EN ACIER 79
ANNEXE V-4 : PERTES DE CHARGES DU RESEAU AERAULIQUE 80
ANNEXE V-5 : CALCUL DE LA HAUTEUR MANOMETRIQUE DES POMPES 82
ANNEXE V-6 : PLAN DU SYSTEME A EG DU R+1 83
ANNEXE V-7 : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME A EG 84

ANNEXE I : BILAN THERMIQUE

Tableau 22: feuille de calcul de la méthode détaillée de Libert

CALCUL DES CHARGES DE CLIMATISATION D'UN LOCAL					
Données	L	l	h	Te	Ti
	He	He		heure	Mois
Conduction	***Murs***	***suf. en m²***	***K***	***DT***	***gains (W)***
	S				$S \times K \times \Delta T$
	O				$S \times K \times \Delta T$
	N				$S \times K \times \Delta T$
	E				$S \times K \times \Delta T$
	Plafond				$S \times K \times \Delta T$
	Plancher				$S \times K \times \Delta T$
	Total des gains par conduction par les murs (1)				
	Vitrages	***surf. en m²***	***K***	***DT***	***gains (W)***
	S				$S \times K \times \Delta T$
	O				$S \times K \times \Delta T$
	N				$S \times K \times \Delta T$
	E				$S \times K \times \Delta T$
	Total des gains de conduction par les fenêtres (2)				
	Porte				$S \times K \times \Delta T$ (3)
Apports Solaires	***Murs+portes closes***	***surf en m²***	***K (W/m²)***	***DT fictif***	***gains (W)***
	S			$\frac{a \times G \times F}{h_e}$	$S \times K \times \Delta T_{fictif}$
	O				$S \times K \times \Delta T_{fictif}$
	N				$S \times K \times \Delta T_{fictif}$
	E				$S \times K \times \Delta T_{fictif}$
	toit				$S \times K \times \Delta T_{fictif}$
	Total des apports solaires par les murs (4)				
	vitrages	***Surface***	***g F***	***G (W/m²)***	***gains (W)***
	S		g = facteur solaire F = facteur rideaux	G= rayonnement global	$S \times g\ F \times G$
	O				$S \times g\ F \times G$
	N				$S \times g\ F \times G$
	E				$S \times g\ F \times G$
	Total des apports solaires par les fenêtres (5)				
Apports sensibles	***Nature***	***quantité***	***facteurs***	***DT***	***gains (W)***
	occupants	nombre	chaleur sensible par personne ×1,16		qte $\times facteur \times \Delta T$
	Eclairage	surface au plancher	ratio d'éclairage en W/m²		qte $\times facteur \times \Delta T$
	ordinateurs+imprimantes +scanner+photocopieuse	nombre	chaleur dégagée		qte $\times facteur \times \Delta T$
	Renouvellement	volume du local	taux de renouvellement × 0,34		qte $\times facteur \times \Delta T$
	Air neuf	nombre de personnes	débit d'air neuf par personne × 0,34		qte $\times facteur \times \Delta T$
	Total des gains sensibles internes (6)				
Apports latents	***Nature***	***quantité***	***facteurs***	***Dx***	***gains (W)***
	occupants	nombre	chaleur latente par personne ×1,16		qte $\times facteur \times \Delta x$
	Renouvellement	volume du local	taux de renouvellement × 0,82		qte $\times facteur \times \Delta x$
	Air neuf	nombre de personnes	débit d'air neuf par personne × 0,82		qte $\times facteur \times \Delta x$
	Total des gains latents (7)				
	TOTAL DES GAINS DU LOCAL (W)				**(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)**

Tableau 23: récapitulatif complet du bilan thermique du R+1

		RESULTATS ETUDES		
	Désignations	**Surfaces (m^2)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m^2)**
R+1	Archives 1	88,06	18,35	208
	Archives 2	88,06	18,42	209
	Archives 3	88,06	18,28	208
	Archives 4	88,06	18,64	212
	Archives 5	48,31	8,99	186
	Archives juridiques	47,50	9,98	210
	Local technique	14,92	2,94	197
Total R+1		**462,97**	**95,6**	**206**

ANNEXE II : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SPLIT SYSTEM

Annexe II-1 : méthodologie de sélection des splits

Exemple : considérons le local archives 1 du R+1. Ses besoins totaux sont évalués à 18,35 kW pour un débit d'air à assurer de 3 088 m^3/h. Le catalogue choisi est celui de Daikin. Les splits à mettre en place seront des cassettes en dépit des murs que possède le local, pour des raisons techniques.

Au regard de la configuration du local, mettre en place cinq cassettes serait le choix le plus judicieux. Ce qui donne une puissance minimale de 3,7 kW par split à installer. Dans la gamme de puissance proposée par le constructeur, il y a des splits de 3,4 kW et des splits de 4,7 kW. En prenant ceux de 3,4 kW, la puissance totale serait de 07 kW pour un débit d'air de 3000 m^3/h. Ces conditions ne satisfont pas les besoins du local. Par conséquent, les splits de 4,7 kW de puissance frigorifique avec un débit d'air de 720 m^3/h chacun sont ceux à choisir. La puissance totale serait donc de 23,5 kW avec un débit d'air de 3600 m^3/h ce qui répond parfaitement aux besoins du local.

Table 1: fiche technique des splits cassette 4 voies de soufflage

FFQ-B Unités Intérieures - Froid seul

Référence				FFQ25B	FFQ35B	FFQ50B	FFQ60B
Puissance restituée	frigorifique		kW	2,5	3,4	4,7	1,7 - 5,8 - 6,0
Puissance absorbée	froid		kW	0,7	1,1	1,8	0,4 - 2,0 - 2,1
Débit d'air	froid	PV / GV	m³/h	390 / 540	390 / 600	480 / 720	600 / 900
Niveaux de pression sonore	froid	PV / GV	dB(A)	24,5 / 29,5	25 / 32	27 / 36	32 / 41
Niveaux de puissance sonore	froid	PV / GV	dB(A)	46,5	49	53	58
Encombrement	H x L x P	unité	mm	286 x 575 x 575	286 x 575 x 575	286 x 575 x 575	286 x 575 x 575
		façade	mm	55 x 700 x 700	55 x 700 x 700	55 x 700 x 700	55 x 700 x 700
Poids		unité	kg	17,5	17,5	17,5	17,5
		façade	kg	2,7	2,7	2,7	2,7
Référence de la télécommande	IR			BRC7E531	BRC7E531	BRC7E531	BRC7E531
	fil			BRC1D52	BRC1D52	BRC1D52	BRC1D52
		fil conviviale	NEW	BRC1E51	BRC1E51	BRC1E51	BRC1E51
Référence de la façade				BYFQ60B	BYFQ60B	BYFQ60B	BYFQ60B
Label énergétique	froid			A	B	D	D
EER	froid			3,42	3,09	2,61	2,80

RKS-J-F Unités Extérieures - Froid seul

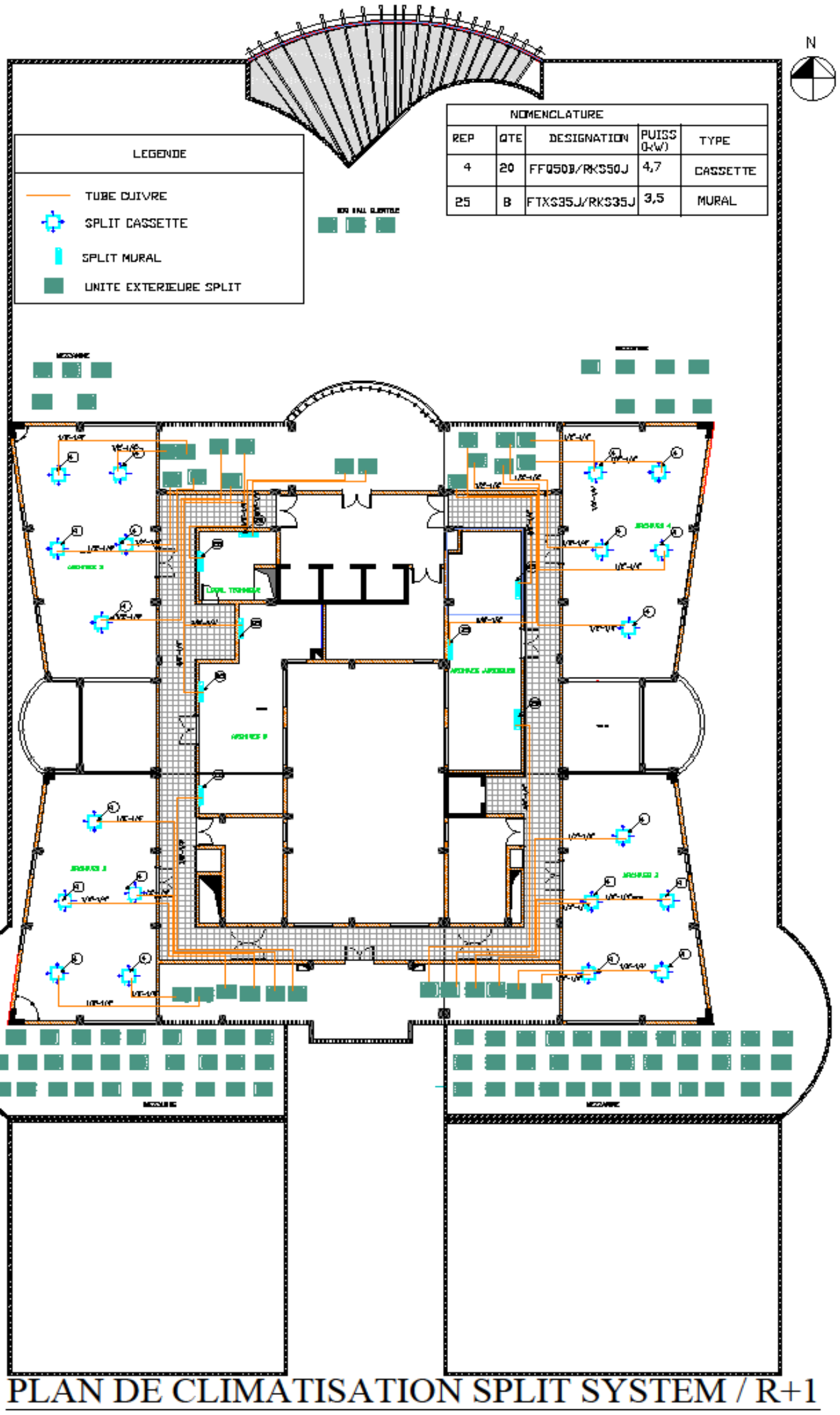
Référence				RKS25J	RKS35J	RKS50J	RKS60F
Niveaux de pression sonore	froid	nominal	dB(A)	43 / 46	44 / 48	46 / 49	46 - 49
Niveaux de puissance sonore	froid	nominal	dB(A)	61	62	63	63
Encombrement de l'unité	H x L x P		mm	550 x 765 x 285	550 x 765 x 285	735 x 825 x 300	735 x 825 x 300
Poids de l'unité			kg	34	34	47	47
Type de compresseur				Swing	Swing	Swing	Swing
Type de réfrigérant				R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
Plage fonctionnement T° ext.	mode froid		°CBS	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	(-15)** - 10 ~ + 46
Préchargé d'usine jusqu'à			m	10	10	10	10
Raccordements frigorifiques	longueur / déniv.	max.	m	20 / 15	20 / 15	30 / 20	30 / 20
	diamètres	liquide / gaz	"	1/4 - 3/8	1/4 - 3/8	1/4 - 1/2	1/4 - 1/2
Raccordements électriques	alimentation		V/Ph/Hz	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50
	protection*	disjoncteur	courbe D	10 A	16 A	16 A	16 A
	câble liaison	int. / ext.	mm²	4G1,5	4G1,5	4G1,5	4G1,5

Annexe II-2 : sélection des splits par local du R+1

Tableau 24: sélection des splits du R+1

		RESULTATS ETUDES				SELECTION							
	Désignations	**S (m^2)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**débit soufflé (m^3/h)**	**Désignation UI DAIKIN**	**Puis u. (kW)**	**Qté**	**Puis t. (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**débit soufflé (m^3/h)**	**désignations UE Daikin**	**Qté**
R+1	archives 1	88,06	18,35	208	3 088	FFQ50B	4,7	5	23,5	267	3 600	RKS50J	5
	archives 2	88,06	18,42	209	3 056	FFQ50B	4,7	5	23,5	267	3 600	RKS50J	5
	archives 3	88,06	18,28	208	3 021	FFQ50B	4,7	5	23,5	267	3 600	RKS50J	5
	archives 4	88,06	18,64	212	3 112	FFQ50B	4,7	5	23,5	267	3 600	RKS50J	5
	archives 5	48,31	8,99	186	1 428	FTXS35J	3,50	3	10,5	207	2 052	RKS35J	3
	archives juridiques	47,50	9,98	210	1 248	FTXS35J	3,50	3	10,5	221	2 052	RKS35J	3
	Local technique	14,92	2,94	197	618	FTXS35J	3,50	2	7,0	235	684	RKS35J	2
TOTAL		**463**	**95,6**	**206**	**15 571**			**28**	**122**	**263**	**18 504**		**28**

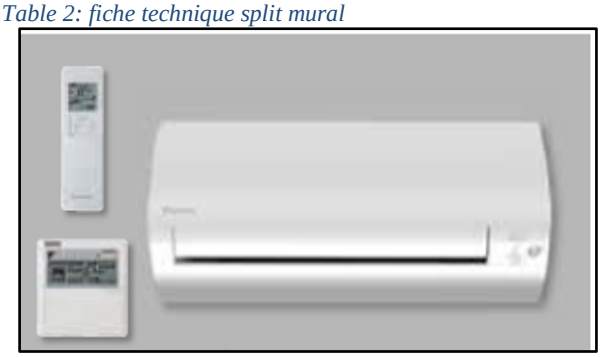
Annexe II-3 : plan de climatisation du R+1 split system



PLAN DE CLIMATISATION SPLIT SYSTEM / R+1

Annexe II-4 : fiches techniques du split system

Table 2: fiche technique split mural



FTXS-J/G Unités Intérieures - Froid seul				NEW	NEW	NEW	NEW	NEW		
Référence				FTXS20J	FTXS25J	FTXS35J	FTXS42J	FTXS50J	FTXS60G	FTXS71G
Puissance restituée	frigorifique		kW	1,3 - 2,0 - 2,8	1,3 - 2,5 - 3,2	1,4 - 3,5 - 4,0	1,7 - 4,2 - 5,0	1,7 - 5,0 - 5,3	1,7 - 6,0 - 6,7	2,3 - 7,1 - 8,5
Puissance absorbée	froid		kW	0,45	0,54	0,86	1,21	1,46	0,4 - 2,0 - 2,4	0,6 - 2,3 - 3,2
Débit d'air	froid		m^3/h	246 / 330 / 444 / 564	222 / 312 / 474 / 648	264 / 348 / 522 / 684	354 / 408 / 540 / 678	360 / 420 / 552 / 696	606 / 678 / 810 / 960	630 / 690 / 870 / 1 092
Niveaux de pression sonore	froid		dB(A)	22 / 25 / 32 / 38	22 / 25 / 33 / 41	26 / 29 / 39 / 45	30 / 33 / 39 / 45	31 / 34 / 40 / 46	33 / 36 / 41 / 45	34 / 37 / 42 / 46
Niveaux de puissance sonore	froid		dB(A)	54	54	58	58	59	61	62
Type de filtre							Photocatalytique			
Encombrement de l'unité	H x L x P		mm	295 x 800 x 215	295 x 800 x 215	295 x 800 x 215	295 x 800 x 215	295 x 800 x 215	290 x 1 050 x 250	290 x 1 050 x 250
Poids de l'unité			kg	9	9	10	10	10	12	12
Couleur				Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc
Réf. de la télécommande	IR			ARC452A3						
Label énergétique	froid			A	A	A	A	A	B	B
EER	froid	nominal		4,44	4,63	4,07	3,47	3,42	3,02	3,02

RKS-J-F Unités Extérieures - Froid seul				NEW	NEW	NEW	NEW	NEW		
Référence				RKS20J	RKS25J	RKS35J	RKS42J	RKS50J	RKS60F	RKS71F
Niveaux de pression sonore	froid	nominal	dB(A)	43 / 46	43 / 46	44 / 48	44 / 48	44 / 48	46 / 49	49 / 52
Niveaux de puissance sonore	froid	nominal	dB(A)	61	61	63	63	62	63	66
Encombrement de l'unité	H x L x P		mm	550 x 765 x 285	550 x 765 x 285	550 x 765 x 285	550 x 765 x 285	735 x 825 x 300	735 x 825 x 300	770 x 900 x 320
Poids de l'unité			kg	32	34	34	39	47	47	71
Type de compresseur				Swing	Swing	Swing	Swing	Swing	Swing	Swing
Type de réfrigérant				R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
Plage fonctionnement T° ext.	mode froid		°CBS	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	- 10 ~ + 46	(-15) - 10 ~ + 46	(-15) - 10 ~ + 46
Préchargé d'usine jusqu'à			m	10	10	10	10	10	10	10
Raccordements frigorifiques	longueur / déniv.	max.	m	20 / 15	20 / 15	20 / 15	20 / 15	30 / 20	30 / 20	30 / 20
	diamètres	liquide / gaz	"	1/4 - 3/8	1/4 - 3/8	1/4 - 3/8	1/4 - 3/8	1/4 - 1/2	1/4 - 1/2	1/4 - 5/8
Raccordements électriques	alimentation		V/Ph/Hz	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50
	protection*	disjoncteur	courbe D	6 A	10 A	16 A	16 A	16 A	16 A	16 A
	câble liaison	int. / ext.	mm^2	4G1,5	4G1,5	4G1,5	4G1,5	4G1,5	4G1,5	4G1,5

Table 3: fiche technique des unités de ventilation

Ventilation					VAM150FA	VAM250FA	VAM350FB	VAM500FB	VAM650FB	VAM800FB	VAM1000FB	VAM1500FB	VAM2000FB
Power input - 50Hz	Heat exchange mode	Nom.	Ultra high	kW	0.116	0.141	0.132	0.178	0.196	0.373	0.375	0.828	0.852
	Bypass mode	Nom.	Ultra high	kW	0.116	0.141	0.132	0.178	0.196	0.373	0.375	0.828	0.852
Temperature exchange efficiency - 50Hz	Ultra high/High/Low			%	74/74/79	72/72/77	75/75/80	74/74/77		74/74/76	75/75/76.5	75/75/78	
Enthalpy exchange efficiency - 50Hz	Cooling	Ultra high/High/Low		%	58/58/64	58/58/62	61/61/67	58/58/63		60/60/62	61/61/63	61/61/64	61/61/66
	Heating	Ultra high/High/Low		%	64/64/69	64/64/68	65/65/70	62/62/67	63/63/66	65/65/67	66/66/68		66/66/70
Operation mode					Heat exchange mode / Bypass mode / Fresh-up mode								
Heat exchange system					Air to air cross flow total heat (sensible + latent heat) exchange								
Heat exchange element					Specially processed non-flammable paper								
Casing	Material				Galvanised steel plate								
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth		mm	285x776x525		301x828x816		364x1,004x868		364x1,004x1,156	726x1,512x868	726x1,512x1,156
Weight	Unit			kg	24		33		52	55	64	131	152
Fan-Air flow rate - 50Hz	Heat exchange mode	Ultra high		m^3/h	150	250	350	500	650	800	1,000	1,500	2,000
	Bypass mode	Ultra high		m^3/h	150	250	350	500	650	800	1,000	1,500	2,000
Fan-External static pressure - 50Hz	Ultra high			Pa	69	64	98		93	137	157	137	
Sound pressure level - 50Hz	Heat exchange mode	Ultra high		dBA	27 / 28.5	28 / 29	32	33	34.5	36		39.5	40
	Bypass mode	Ultra high		dBA	27 / 28.5	28 / 29	32	33.5	34.5	36		40.5	40
Operation range	Min.			°CDB	-15								
	Max.			°CDB	50								
	Relative humidity			%	80% or less								
Connection duct diameter				mm	100	150		200		250		350	
Air filter	Type				Multidirectional fibrous fleeces								
Power supply	Phase/Frequency/Voltage			Hz/V	1~/50/60/220-240/220								
Current	Maximum fuse amps (MFA)			A	15		16						

ANNEXE III : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME VRV

Annexe III-1 : choix des unités intérieures et extérieures VRV

Tableau 25: récapitulatif du choix des unités intérieures et extérieures VRV par local

		Résultats études				**Sélection**					
	Désignations	**Surfaces (m^2)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**Débit soufflé (m^3/h)**	**Désignations**	**Puis U (kW)**	**Qté**	**Puis t (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**Débit soufflé (m^3/h)**
R+1	Archives 1	88,06	18,35	208	3 088	FXZQ40M9	4,50	5	22,5	256	3300
	Archives 2	88,06	18,42	209	3 056	FXZQ40M9	4,50	5	22,5	256	3300
	Archives 3	88,06	18,28	208	3 021	FXZQ40M9	4,50	5	22,5	256	3300
	Archives 4	88,06	18,64	212	3 112	FXZQ40M9	4,50	5	22,5	256	3300
	Archives 5	48,31	8,99	186	1 428	FXAQ40P	4,50	3	13,5	279	2160
	Archives juridiques	47,50	9,98	210	1 248	FXAQ40P	4,50	3	13,5	284	2160
	Local technique	14,92	2,94	197	618	FXAQ32P	3,60	2	7,2	241	684
	Unité extérieure					RXYQ42P (RXYQ18PA +RXYQ12P +RXYQ12P)	116,00	1	116,0		
TOTAL		***463***	***95,6***	***206***	***15 571***			***28***	***124,2***	***268***	***18 204***

Annexe III-2 : abaques de sélection des tubes cuivres et des raccords refnets

Table 4: abaque DAIKIN de sélection des sections de cuivre

A. Canalisation entre l'unité extérieure et le kit de branchement de réfrigérant

- Faites correspondre la taille du tuyau de connexion de l'unité extérieure.

Taille du tuyau de connexion de l'unité extérieure

Type de capacité de l'unité extérieure	Taille du tuyau (diamètre extérieur) Tuyauterie de gaz	Tuyauterie de liquide
RXYQ5	Ø15,9 5/8	Ø9,5 3/8
RXYQ3	Ø19,1 3/4	
RXYQ10	Ø22,2 7/8	
RXYQ12-16	Ø28,6 1"1/8	Ø12,7 1/2
RXYQ18-22		Ø15,9 5/8
RXYQ24	1"3/8 Ø34,9	
RXYQ26-34		Ø19,1 3/4
RXYQ36-48	Ø41,3	

1"5/8

Canalisation entre les kits de branchement de réfrigérant

- Choisissez dans le tableau suivant en fonction de la capacité totale de toutes les unités intérieures raccordées en dessous.
- Ne laissez pas la tuyauterie de connexion dépasser la taille de la canalisation de réfrigérantchoisie par le nom du modèle du système général

Coefficient de capacité intérieure	Taille du tuyau (diamètre extérieur) Tuyauterie de gaz	Tuyauterie de liquide
<200	Ø15,9 5/8	Ø9,5 3/8
200≤x<290	7/8 Ø22,2	
290≤x<420	Ø28,6 1"1/8	Ø12,7 1/2
420≤x<640		Ø15,9 5/8
640≤x<920	Ø34,9 1"3/8	
>920	1" 5/8 Ø41,3	Ø19,1 3/4

B. Canalisation entre branchements extérieurs

- Choisissez dans le tableau suivant en fonction de la capacité totale de toutes les unités extérieures raccordées au dessus.

Coefficient de capacité extérieure	Taille du tuyau (diamètre extérieur) Tuyauterie de gaz	Tuyauterie de liquide
<22 CH	Ø28,6	Ø15,9 5/8
24 CH	Ø34,9	
>26 CH		Ø19,1 3/4

Canalisation entre kit de branchement de réfrigérant et unité intérieure

- La taille du tuyau pour une connexion directe à une unité intérieure doit être la même que la taille de connexion de l'unité intérieure.

Type de capacité intérieure	Taille du tuyau (diamètre extérieur) Tuyauterie de gaz	Tuyauterie de liquide
20~50	Ø12,7 1/2	Ø6,4 1/4
63~125	Ø15,9 5/8	Ø9,5 3/8
200	3/4 Ø19,1	
250	Ø22,2 7/8	

C. Tuyauterie entre le branchement extérieur et l'unité extérieure

Typede capacité extérieure	Taille du tuyau (diamètre extérieur) Tuyauterie de gaz	Tuyauterie de liquide
RXYQ8	Ø19,1	Ø9,5
RXYQ10	Ø22,2	
RXYQ12~16	Ø28,6	Ø12,7

Table 5: abaque DAIKIN de sélection des raccords refnets

Comment sélectionner le raccord refnet

- Lors de l'utilisation de raccords refnet au premier branchement compté à partir du côté unité extérieure.
  Choisissez dans le tableau suivant en fonction de la capacité de l'unité extérieure.

Type de capacité de l'unité extérieure	Nom du kit de branchement de réfrigérant
RX(Y)Q5	KHRQ22M20T
RX(Y)Q8+10	KHRQ22M29T9
RX(Y)Q12~18+ RXYQ20+22	KHRQ22M64T
RXYQ24~54	KHRQ22M75T

- Pour les raccords refnet autres que le premier branchement, sélectionnez le modèle de kit de branchement approprié en fonction du coefficient de capacité total.

Type de capacité intérieure (kW)	Nom du kit de branchement de réfrigérant
<200	KHRQ22M20T
200≤x<290	KHRQ22M29T9
290≤x<640	KHRQ22M64T
≥640	KHRQ22M75T

[Exemple]
en cas de raccord refnet C;
unités intérieures 3+4+5+6+7+8

Comment sélectionner le collecteur refnet

- Choisissez dans le tableau suivant en fonction de la capacit totale de toutes les unités intérieures raccordées en dessous du collecteur refnet.
- Remarque: Le type 250 ne peut pas être raccordé en dessous du collecteur refnet.

Type de capacité intérieure (kW)	Nom du kit de branchement de réfrigérant
<290	KHRQ22M29H (Max. 8 branchements)
290≤x<640	KHRQ22M64H (Max. 8 branchements)(a)
≥640	KHRQ22M75H (Max. 8 branchements)

(a) Voir remarque 2 à la page suivante

Comment choisir un kit de tuyauterie à plusieurs branchements extérieurs (nécessaire si le type de capacité de l'unité extérieure est RXYQ20 ou plus.)

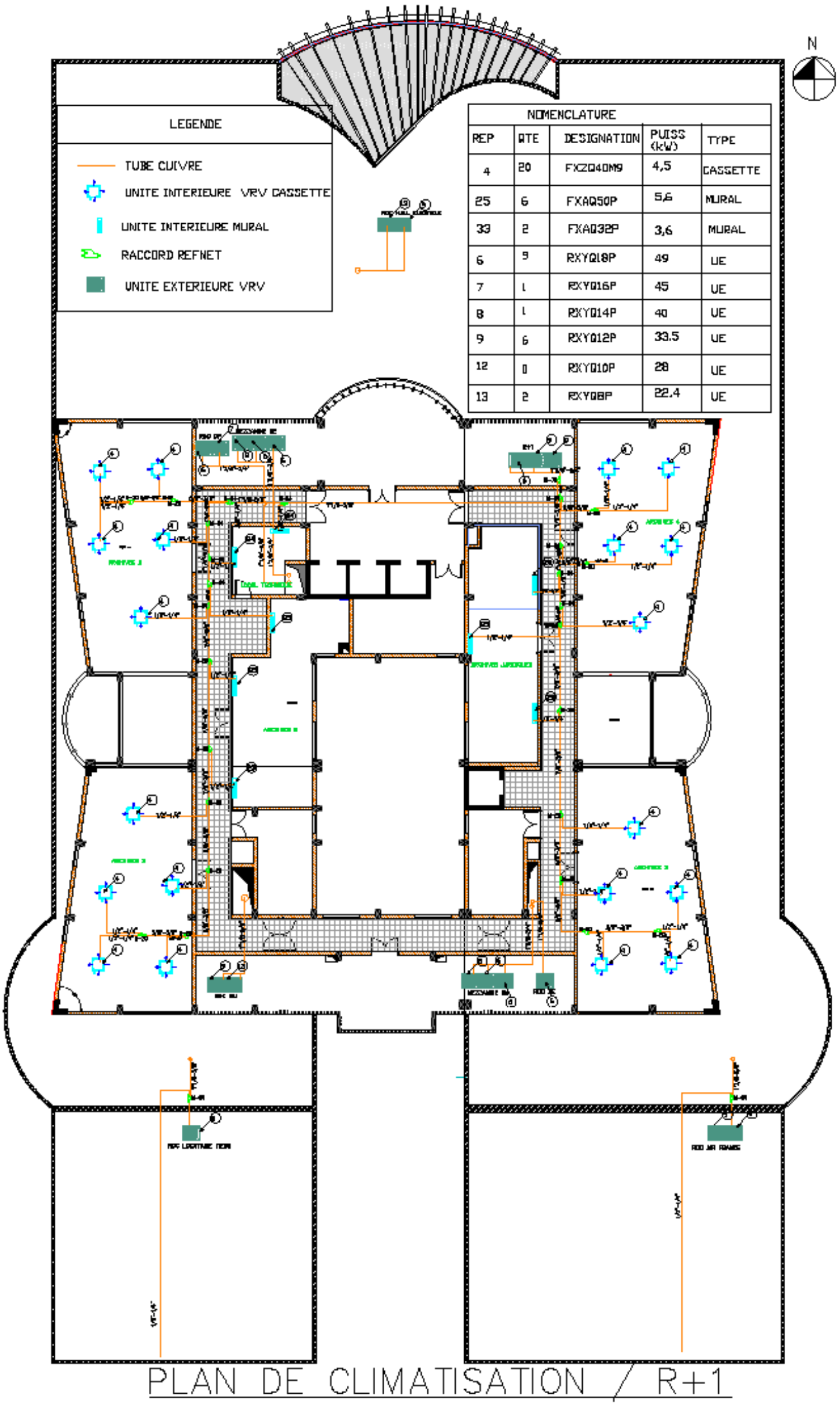
- Choisir dans le tableau suivant en fonction du nombre d'unités extérieures.

Nombre d'unités extérieures	Nom du kit de branchement
2	BHFQ22P1007
3	BHFQ22P1517

[Exemple]
en cas de raccord refnet B; unités intérieures 7+8,
en cas de collecteur refnet; unités intérieures
1+2+3+4+5+6

[Exemple]
en cas de collecteur refnet;
unités intérieures 1+2+3+4+5+6+7+8

Annexe III-3 : plan de climatisation du R+1 du système VRV



Annexe III-4 : fiches techniques du système VRV

Table 6: fiche technique cassette 4 voies de soufflage VRV

FXZQ-M9 Unité cassette encastrable 4 voies 600 x 600 - R-410A									
Taille de l'unité					FXZQ20M9	FXZQ25M9	FXZQ32M9	FXZQ40M9	FXZQ50M9
Puissance restituée	frigorifique	nominal	kW		2,2	2,8	3,6	4,5	5,6
	calorifique	nominal	kW		2,5	3,2	4,0	5,0	6,3
Puissance absorbée totale unité	froid	nominal	W		73	73	76	89	115
	chaud	nominal	W		64	64	68	80	107
Débit d'air	froid / chaud	PV / GV	m³/h		420 / 540	420 / 540	450 / 570	480 / 660	600 / 840
Filtre à air					Tamis résine	Tamis résine	Tamis résine	Tamis résine	Tamis résine
Niveaux de pression sonore	froid PV/GV		dB(A)		25 / 30	25 / 30	26 / 32	28 / 36	33 /41
Encombrement de l'unité	H		mm		286	286	286	286	286
	L		mm		575	575	575	575	575
	P		mm		575	575	575	575	575
Encombrement de la façade	H		mm		55	55	55	55	55
	L		mm		700	700	700	700	700
	P		mm		700	700	700	700	700
Poids de l'unité			kg		18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Poids de la façade			kg		2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Couleur					Blanc (RAL9010)	Blanc (RAL9010)	Blanc (RAL9010)	Blanc (RAL9010)	Blanc (RAL9010)
Matériau					Tôle acier galvanisé	Tôle acier galvanisé	Tôle acier galvanisé	Tôle acier galvanisé	Tôle acier galvanisé
Télécommande	froid	IR			BRC7E531	BRC7E531	BRC7E531	BRC7E531	BRC7E531
	chaud	IR			BRC7E530	BRC7E530	BRC7E530	BRC7E530	BRC7E530
	froid/chaud	fil standard			BRC1D52	BRC1D52	BRC1D52	BRC1D52	BRC1D52
	froid/chaud	fil conviviale		NEW	BRC1E51	BRC1E51	BRC1E51	BRC1E51	BRC1E51
Référence façade					BYFQ60B	BYFQ60B	BYFQ60B	BYFQ60B	BYFQ60B
Alimentation électrique			V/Ph/Hz		230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50	230/1/50
Diamètre des tuyauteries	liquide		pouce		1 / 4	1 / 4	1 / 4	1 / 4	1 / 4
	gaz		pouce		1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2
	condensat	int / ext	mm		20 / 26	20 / 26	20 / 26	20 / 26	20 / 26

Tableau 26: tableau des indices des unités extérieures VRV

VRV® III standard réversible / RXYQ-P pour le tertiaire (bureaux, surfaces de ventes, ERP...)

	Référence groupe extérieur	Puissances standard en kW		Taux de connexion en points (nombre maxi d'unités i		
		froid	chaud	minimum - 50%	standard - 100%	confort - 130%
Standard	RXYQ5P7	14,0	16,0	62,5	125,0	162,5 (8)
	RXYQ8P8	22,4	25,0	100,0	200,0	260,0 (13)
	RXYQ10P7	28,0	31,5	125,0	250,0	325,0 (16)
	RXYQ12P7	33,5	37,5	150,0	300,0	390,0 (19)
	RXYQ14P7	40,0	45,0	175,0	350,0	455,0 (23)
	RXYQ16P7	45,0	50,0	200,0	400,0	520,0 (26)
	RXYQ18P7	49,0	56,5	225,0	450,0	585,0 (29)
	RXYQ20P7	55,9	62,5	250,0	500,0	650,0 (32)
	RXYQ20P8	55,9	62,5	250,0	500,0	650,0 (32)
	RXYQ22P7	61,5	69,0	275,0	550,0	715,0 (35)
	RXYQ24P7	67,0	75,0	300,0	600,0	780,0 (39)
	RXYQ26P8	71,4	81,5	325,0	650,0	845,0 (42)
	RXYQ28P7	77,0	88,0	350,0	700,0	910,0 (45)
	RXYQ30P7	84,0	94,5	375,0	750,0	975,0 (48)
	RXYQ32P7	89,0	100,0	400,0	800,0	1040,0 (52)
	RXYQ34P7	94,0	107,0	425,0	850,0	1105,0 (55)
	RXYQ36P7	98,0	113,0	450,0	900,0	1170,0 (58)
	RXYQ38P8	105,0	119,0	475,0	950,0	1235,0 (61)
	RXYQ40P7	111,0	126,0	500,0	1000,0	1300,0 (64)
	RXYQ42P7	116,0	132,0	525,0	1050,0	1365,0 (64)
	RXYQ44P8	120,0	138,0	550,0	1100,0	1430,0 (64)
	RXYQ46P7	126,0	145,0	575,0	1150,0	1495,0 (64)
	RXYQ48P7	132,0	151,0	600,0	1200,0	1560,0 (64)
	RXYQ50P7	138,0	158,0	625,0	1250,0	1625,0 (64)
	RXYQ52P7	143,0	163,0	650,0	1300,0	1690,0 (64)
	RXYQ54P7	147,0	170,0	675,0	1350,0	1755,0 (64)

ANNEXE IV : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME MONOBLOC

Annexe IV-1 : diagramme psychométrique

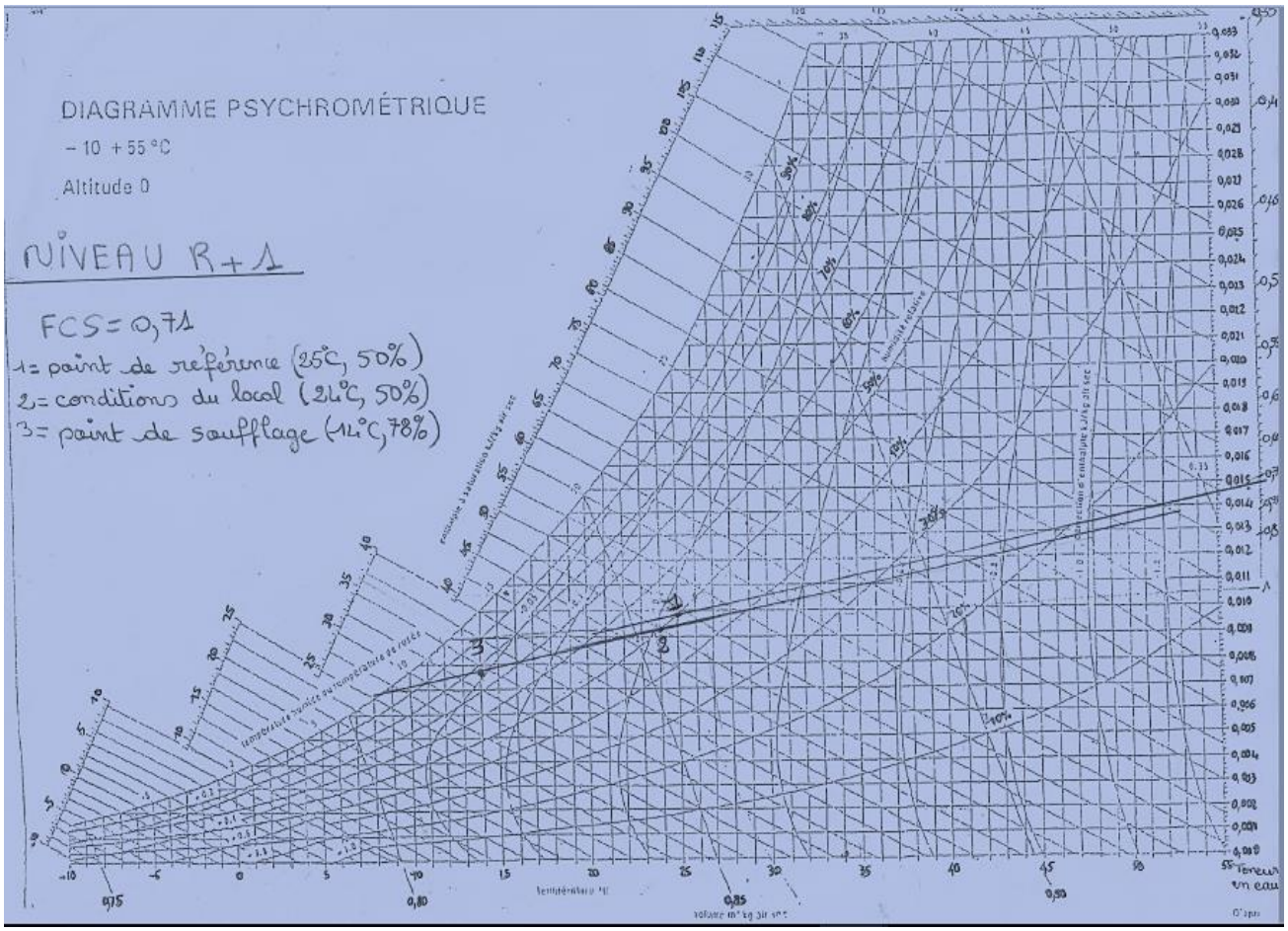


Figure 9: détermination des caractéristiques du point de soufflage du R+1 sur le diagramme psychométrique

Annexe IV-2 : choix des équipements de climatisation du R+1 du système monobloc

Tableau 27: choix des équipements du R+1 du système monobloc

SIEGE BANK OF AFRICA OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) BATIMENT HEMICYCLE : BILAN THERMIQUE ET SELECTION EQUIPEMENTS														
		RESULTATS ETUDES				**SELECTION**								
	Désignations	**S (m²)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m²)**	**Débit à souffler (m³/h)**	**Débit soufflé (m³/h)**	**Désignation Soufflage**	**Débit U soufflé (m³/h)**	**Qté**	**Débit T soufflé (m³/h)**	**Désignation Reprise**	**Débit U repris (m³/h)**	**Qté**	**Débit T repris (m³/h)**
R+1	archives 1	88,06	18,35	208	2 749	3 462	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500
	archives 2	88,06	18,42	209	2 722	3 462	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500
	archives 3	88,06	18,28	208	2 695	3 462	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500
	archives 4	88,06	18,64	212	2 512	3 462	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500	DAP 40 375 x 375	700	5	3 500
	archives 5	48,31	8,99	186	1 265	1 899	DAP 40 375 x 375	700	3	2 100	DAP 40 375 x 375	700	3	2 100
	archives juridiques	47,50	9,98	210	1 147	1 867	DAP 40 375 x 375	700	3	2 100	DAP 40 375 x 375	700	3	2 100
	local technique	14,92	2,94	197	499	587	GAC 21 300 x 100	600	1	600	GAC 21 300 x 100	600	1	600
	roof top R+1		108				Space PF 480	18 200	1	18 200				
TOTAL		***463***	***95,6***	**233**	***13 589***	***18 200***			***27***	***18 800***			***27***	***18 800***

Annexe IV-3 : calcul des pertes de charges et dimensionnement des gaines du R+1

Annexe IV-3-1 : réseau aéraulique

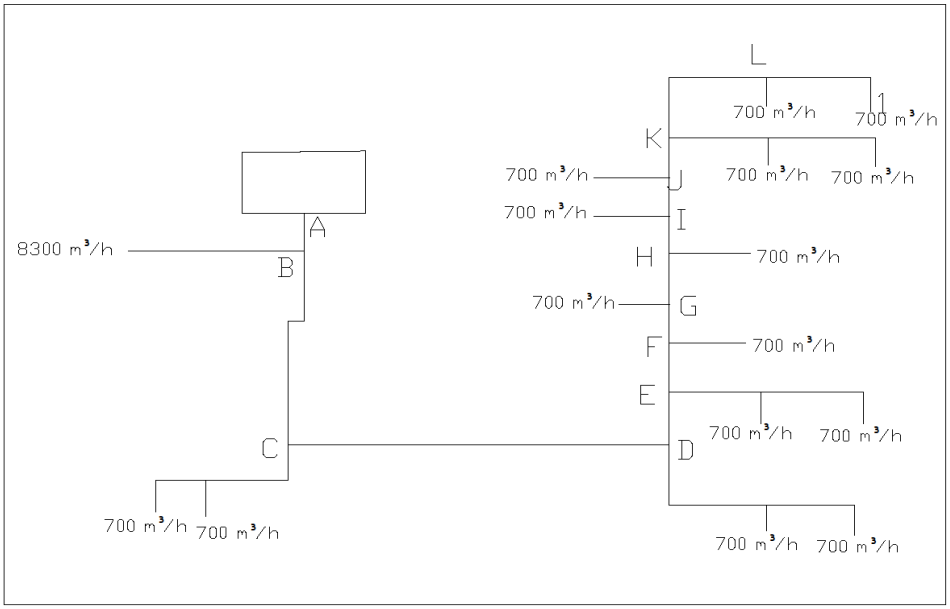


Figure 10: réseau aéraulique de soufflage du R+1 (tronçon le plus défavorisé)

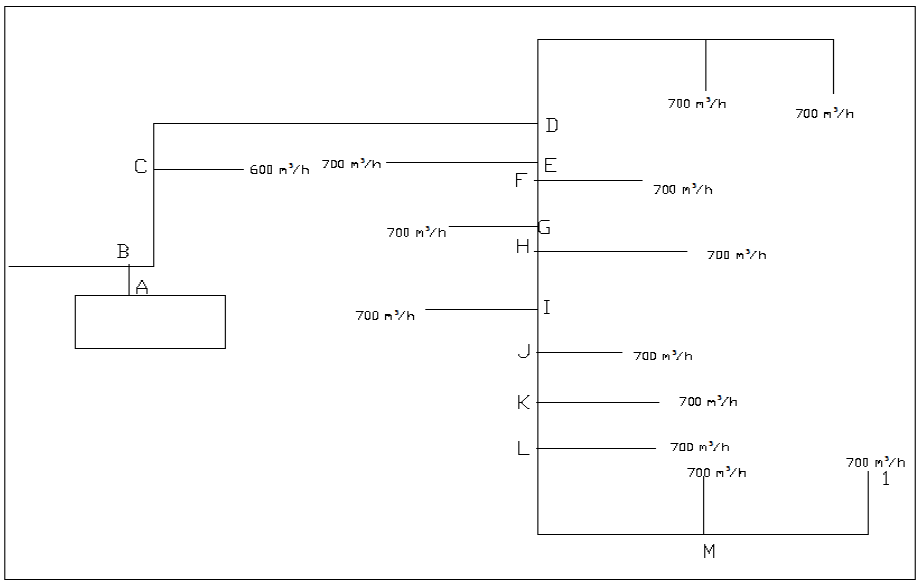


Figure 11: réseau aéraulique de reprise du R+1 (tronçon le plus défavorisé)

Annexe IV-3-2 : calcul des pertes de charges du R+1

Tableau 28: pertes de charges du circuit le plus défavorisé de soufflage

Tronçons	Débit (m^3/h)	D (mm)	a (mm)	h (mm)	Vitesse réelle (m/s)	J (Pa/m)	L (m)	J x L (Pa)	ε	$\varepsilon \times \frac{V^2}{2} \times \rho$ (Pa)	PDC totales (Pa)
A-B	18 800	830			10,	1,15	16,40	18,86	0	0	168,86
B-C	10 500	652	1 100	350	7,58	1,15	2,87	3,30	0,2	6,89	10,19
C-D	9 100	612	950	350	7,60	1,15	18,64	21,44	0	0	21,44
D-E	7 700	582	850	350	7,19	1,15	3,30	3,80	0	0	3,80
E-F	6 300	550	750	350	6,67	1,15	3,30	3,80	0	0	3,80
F-G	5 600	515	650	350	6,84	1,15	5,80	6,67	0	0	6,67
G-H	4 900	496	600	350	6,48	1,15	3,80	4,37	0	0	4,37
H-I	4 200	477	550	350	6,06	1,15	0,97	1,12	0	0	1,12
I-J	3 500	455	500	350	5,56	1,15	3,13	3,60	0	0	3,60
J-K	2 800	409	400	350	5,56	1,15	0,44	0,51	0	0	0,51
K-L	1 400	355			3,93	1,15	6,30	7,25	0,2	1,85	9,10
L-1	700	315			2,50	1,15	3,82	4,39	3	11,21	15,60
TOTAL PDC											**249**

Tableau 29: pertes de charges du circuit le plus défavorisé de reprise

Tronçons	Débit (m^3/h)	D (mm)	a (mm)	h (mm)	Vitesse réelle (m/s)	J (Pa/m)	L (m)	J x L (Pa)	ε	$\varepsilon \times \frac{V^2}{2} \times \rho$ (Pa)	PDC totales (Pa)
A-B	18 800	916	1 100	650	8,00	0,65	16,40	10,66	0	0	160,7
B-C	9 700	701	1 300	350	5,9	0,65	1,58	1,027	0,2	4,2	5,2
C-D	9 100	701	1 300	350	5,6	0,65	18,6	12,09	0	0	12,1
D-E	7 700	677	1 200	350	5,1	0,65	0,55	0,36	0	0	0,4
E-F	7000	652	1 100	350	5,1	0,65	3,33	2,16	0	0	2,2
F-G	6 300	652	950	350	5,3	0,65	1,32	0,86	0	0	0,9
G-H	5 600	582	850	350	5,2	0,65	2,2	1,43	0	0	1,4
H-I	4 900	550	750	350	5,2	0,65	1,05	0,68	0	0	0,7
I-J	4 200	515	650	350	5,1	0,65	5,00	3,25	0	0	3,3
J-K	3 500	477	550	350	5,1	0,65	1,95	1,27	0	0	1,3
K-L	2 800	433	450	350	4,9	0,65	2,56	1,66	0	0	1,7
L-M	2100	409	400	350	4,2	0,65	3,90	2,53	0,2	2,1	4,6
M-N	1400		350	300	3,7	0,65	8,21	5,34	0	0,0	5,3
N-1	700	315			2,50	0,65	4,45	2,89	3	11,2	14,1
TOTAL PDC											**213,7**

Annexe IV-4 : abaques aérauliques

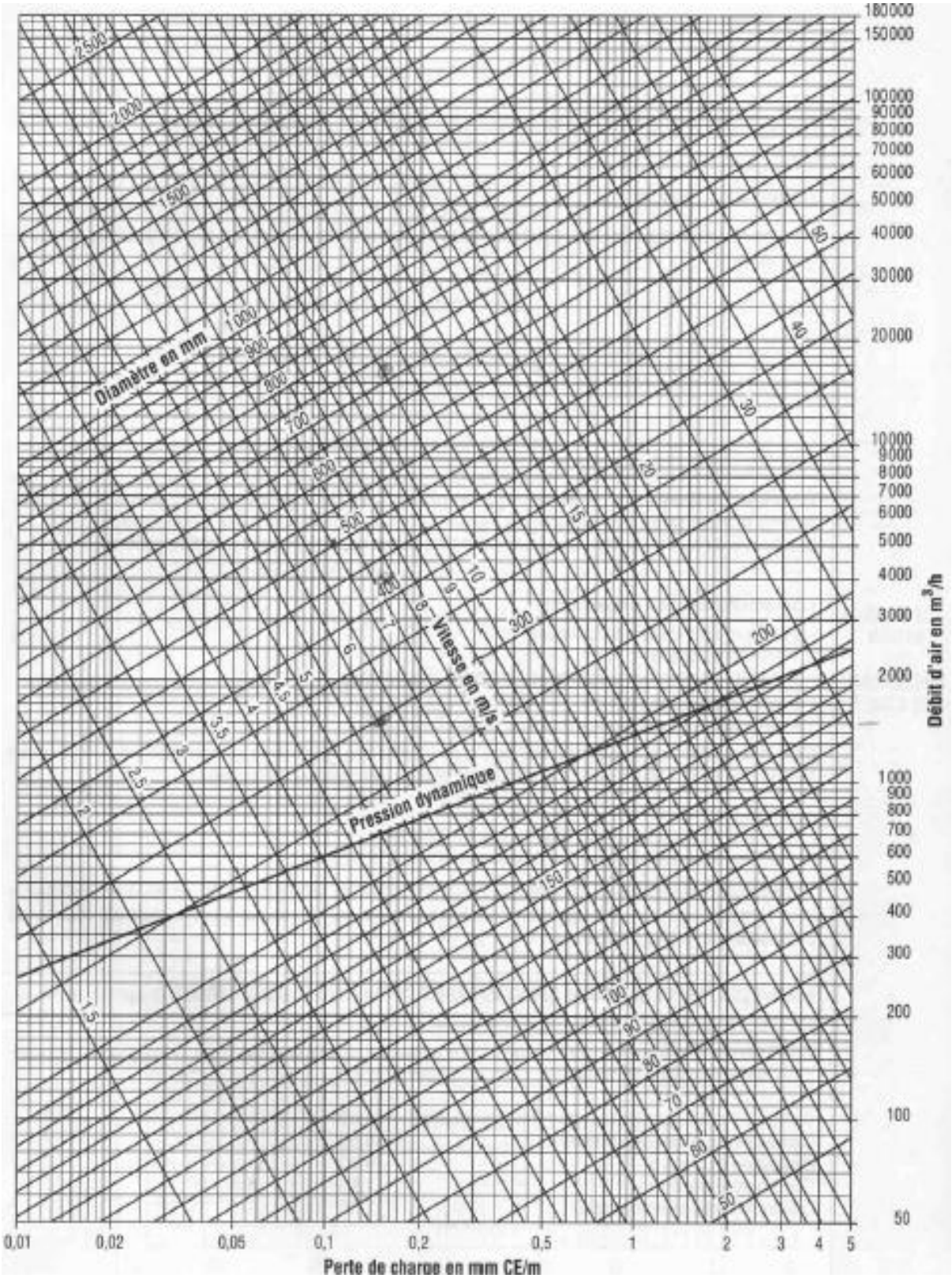


Figure 12: abaque des pertes de charges linéaires des gaines circulaires

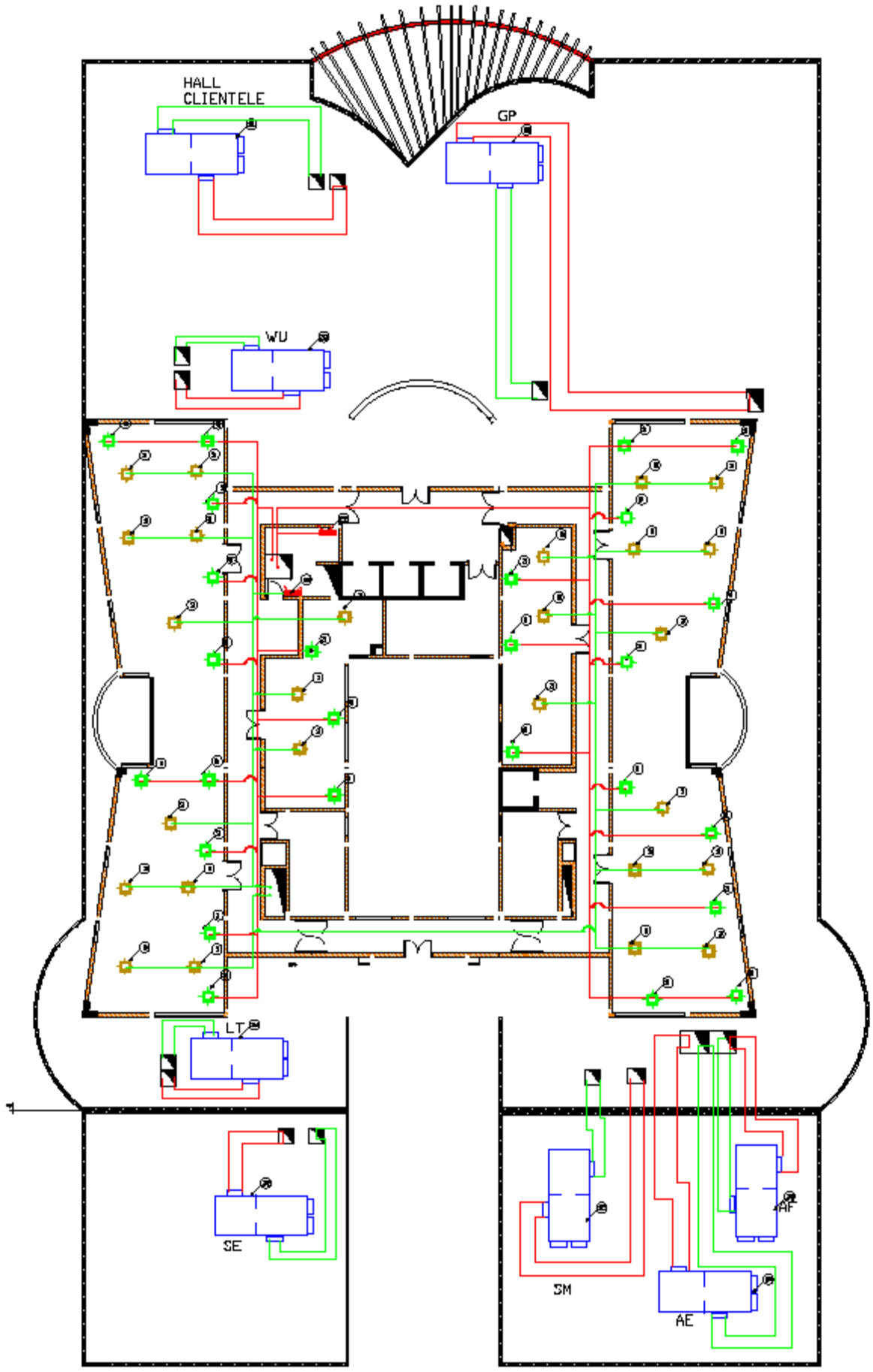
Conduites rectangulaires : diamètres équivalents pour la détermination des pertes de charge linéiques

a, b = dimensions côtés, mm — $\varnothing_e$ = diamètre équivalent, mm — f = facteur de correction vitesse

b	a	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	a	b
100	$\varnothing_e$	100	133	152	169	183	195	207	217	227	236	245	253	261	268	275	$\varnothing_e$	100
	f	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	f	
150	$\varnothing_e$	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	$\varnothing_e$	150
	f	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	f	
200	$\varnothing_e$	152	189	210	244	266	286	305	321	337	352	365	378	391	402	414	$\varnothing_e$	200
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	f	
250	$\varnothing_e$	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429	443	457	470	$\varnothing_e$	250
	f	0,89	0,92	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	f	
300	$\varnothing_e$	183	229	266	299	328	354	378	400	420	439	457	474	490	506	520	$\varnothing_e$	300
	f	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	f	
350	$\varnothing_e$	195	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515	533	550	567	$\varnothing_e$	350
	f	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	f	
400	$\varnothing_e$	207	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	$\varnothing_e$	400
	f	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	f	
450	$\varnothing_e$	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	$\varnothing_e$	450
	f	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	f	
500	$\varnothing_e$	227	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622	644	666	687	$\varnothing_e$	500
	f	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	f	
550	$\varnothing_e$	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	$\varnothing_e$	550
	f	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	f	
600	$\varnothing_e$	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	$\varnothing_e$	600
	f	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f	
650	$\varnothing_e$	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	737	763	787	$\varnothing_e$	650
	f	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
700	$\varnothing_e$	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	$\varnothing_e$	700
	f	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
750	$\varnothing_e$	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	$\varnothing_e$	750
	f	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
800	$\varnothing_e$	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	$\varnothing_e$	800
	f	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	f	
850	$\varnothing_e$	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	$\varnothing_e$	850
	f	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	f	
900	$\varnothing_e$	289	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	$\varnothing_e$	900
	f	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f	
950	$\varnothing_e$	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	855	889	921	952	$\varnothing_e$	950
	f	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f	
1000	$\varnothing_e$	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	$\varnothing_e$	1000
	f	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	f	
1100	$\varnothing_e$	313	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1.022	$\varnothing_e$	1100
	f	0,70	0,76	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	f	
1200	$\varnothing_e$	324	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1.030	1.066	$\varnothing_e$	1200
	f	0,69	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	f	
1300	$\varnothing_e$	334	426	506	577	642	701	757	808	857	904	948	990	1.031	1.069	1.107	$\varnothing_e$	1300
	f	0,67	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	f	
1400	$\varnothing_e$	344	439	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1.024	1.066	1.107	1.146	$\varnothing_e$	1400
	f	0,66	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	f	
1500	$\varnothing_e$	353	452	536	612	681	745	805	860	913	963	1.011	1.057	1.100	1.143	1.183	$\varnothing_e$	1500
	f	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	f	
1600	$\varnothing_e$	362	463	551	629	700	766	827	885	939	991	1.041	1.088	1.133	1.177	1.219	$\varnothing_e$	1600
	f	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	f	
1700	$\varnothing_e$	371	475	564	644	718	785	849	908	964	1.018	1.069	1.118	1.164	1.209	1.253	$\varnothing_e$	1700
	f	0,64	0,69	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	f	
1800	$\varnothing_e$	379	485	577	660	735	804	869	930	988	1.043	1.096	1.146	1.195	1.241	1.286	$\varnothing_e$	1800
	f	0,63	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	f	
1900	$\varnothing_e$	387	496	590	674	751	823	889	952	1.012	1.068	1.122	1.174	1.224	1.271	1.318	$\varnothing_e$	1900
	f	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	f	
2000	$\varnothing_e$	395	506	602	688	767	840	908	973	1.034	1.092	1.147	1.200	1.252	1.301	1.348	$\varnothing_e$	2000
	f	0,61	0,67	0,71	0,74	0,77	0,79	0,8	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	f	
2200	$\varnothing_e$	410	525	625	715	797	874	945	1.013	1.076	1.137	1.195	1.251	1.305	1.356	1.406	$\varnothing_e$	2200
	f	0,60	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	f	

Figure 13: abaque de détermination des dimensions des conduites rectangulaires

Annexe IV-5 : plan du R+1 du système de climatisation par roof top



LEGENDE

- ROOFTOP TYPE SPACE PF
- DIFFUSEUR CARRE TYPE DAP REPRISE
- DIFFUSEUR CARRE TYPE DAP SOUFFLAGE
- GAINE DE SOUFFLAGE
- GAINE DE REPRISE
- GRILLE DE SOUFFLAGE TYPE GAC 21
- GRILLE DE REPRISE TYPE GAC 21

NOMENCLATURE

REP	QTE	DESIGNATION
3	42	DAP 40 375 x 375
22	2	GAC 21 300 x 100
32	1	SPACE PF 650 152.1 kW
33	2	SPACE PF 240 60.8 kW
34	2	SPACE PF 180 45.1 kW
35	1	SPACE PF 720 168.7 kW
30	1	SPACE PF 415 92 kW
31	1	SPACE PF 320 75.6 kW

PLAN DE CLIMATISATION MONOBLOC R+1

Annexe IV-6 : fiches techniques du système roof top

Table 7: caractéristiques des diffuseurs carrés

Sélection DAU 40 / DFU 40 / DAP 40 / DFP 40

Q (m³/h)	Dim. (mm) Ak (m²)	150 x 150 0,0109	225 x 225 0,0244	300 x 300 0,0435	375 x 375 0,0679	450 x 450 0,0978	525 x 525 0,1331	600 x 600 0,1739
100	X (m)	0,6						
	pt (Pa)	5						
	NR	18						
160	X (m)	1,0	0,7					
	pt (Pa)	12	2					
	NR	29	13					
200	X (m)	1,2	0,8					
	pt (Pa)	18	4					
	NR	35	18					
300	X (m)	1,9	1,3	0,9				
	pt (Pa)	41	8	3				
	NR	45	28	16				
400	X (m)		1,7	1,3	1,0			
	pt (Pa)		15	5	2			
	NR		35	24	15			
500	X (m)		2,1	1,6	1,3			
	pt (Pa)		23	7	3			
	NR		41	29	20			
600	X (m)		2,5	1,9	1,5	1,3		
	pt (Pa)		33	10	4	2		
	NR		45	34	25	17		
700	X (m)		2,9	2,2	1,8	1,5		
	pt (Pa)		44	14	6	3		
	NR		49	37	28	21		
800	X (m)		3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	
	pt (Pa)		58	18	7	4	2	
	NR		53	41	32	24	18	
900	X (m)			2,8	2,3	1,9	1,6	
	pt (Pa)			23	9	5	2	
	NR			44	35	27	21	
1000	X (m)			3,1	2,5	2,1	1,8	1,6
	pt (Pa)			29	12	6	3	2
	NR			46	37	30	23	18
1200	X (m)			3,8	3,0	2,5	2,1	1,9
	pt (Pa)			41	17	8	4	3
	NR			51	42	34	28	23
1600	X (m)				4,0	3,3	2,9	2,5
	pt (Pa)				30	14	8	5
	NR				49	41	35	30
2000	X (m)				5,0	4,2	3,6	3,1
	pt (Pa)				47	25	12	7

Table 8: caractéristiques techniques des roofs tops

CIAT

Unités air-air compactes de toiture
Roof top

Space PF

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

	Space PF	90	120	160	180	240	320	360	415	420
Puissances réfrigération	Puissance frigorifique ① (kW)	23,1	31,7	40,3	45,1	60,8	75,6	86,1	92,0	104,4
	Puissance absorbée ② (kW)	7,1	10,5	14,3	15,5	20,1	28,9	31,5	33,8	30,3
	Efficacité EER	3,3	3,0	2,8	2,9	3,0	2,6	2,7	2,7	3,4
Puissances chauffage	Puissance calorifique ② (kW)	23,0	30,9	38,8	45,7	61,4	78,4	91,6	98,9	105,1
	Puissance absorbée ③ (kW)	6,2	9,3	11,4	13,1	18,7	24,1	28,1	28,5	28,3
	Efficacité COP	3,7	3,3	3,4	3,5	3,3	3,3	3,3	3,5	3,7
Ventilateur circuit extérieur	Débit d'air nominal (m³/h)	8.000	13.000	17.000	17.000	30.000	30.000	30.000	30.000	42.000
	Pression statique disponible (mm.c.a.)	4								
	Type	Hélicoïdal								
	Nombre	1				2				
	Diamètre (mm)	630	800			2 x 800				
	Puissance (kW)	0,7 / 0,4	2,0 / 1,3			2 x 2,0 / 1,3				
	Vitesse (r.p.m.)	875 / 850	895 / 685			895 / 685				
Ventilateur soufflage circuit intérieur	Débit d'air nominal (m³/h)	4.000	6.000	8.700	9.000	12.000	14.300	15.900	18.000	18.000
	Pression statique disponible (mm.c.a.)	8,3	13,1	9,2	12,8	13,5	11,7	11,3	12,5	13,5
	Type	Centrifuge								
	Nombre / nombre turbines	1 / 1							2 / 2	1 / 3
	Puissance moteur (kW)	0,7	1,1	2,2 ⑤	2,2 ⑤	3	4	4	2 x 2,2	3
	Puissance absorbée (kW)	0,44	0,92	0,96	1,58	2,00	2,60	3,91	2,70	2,05
	Vitesse (r.p.m.)	941	816	690	717	618	645	649	688	568
Compresseur	Type	Scroll								
	Nombre compresseurs	1				2				
	Nombre circuits	1				2				
	Nombre étages	1				2				
	Type huile	Copeland 3MAF 32cST, Danfoss POE 160SZ, ICI Emkarate RL 32CF, Mobil EAL Artic 22CC								
	Volume d'huile (l)	3	3,3	3,3	6,2	2 x 3,3	2 x 3,3	2 x 6,2	2 x 6,2	2 x 6,2
Caractéristiques électriques	Tension de réseau	400 V / III ph / 50 Hz (±5%)								
	Alimentation	3 fils + terre								
Intensité maximale absorbée	Compresseur(s) (A)	15,3	20,1	25,1	29,1	40,2	50,2	58,2	70,3	70,3
	Ventilateur(s) extérieur(s) (A)	1,3	4,3	4,3	4,3	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
	Ventilateur intérieur (A)	2,1	2,7	5,0	5,0	6,9	9,0	9,0	10,0	6,9
	Contrôle (A)	0,9	0,9	0,9	0,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Table 9: caractéristiques techniques des roofs tops

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Space PF

	Space PF	480	485	540	600	650	720	840	960	1100	1200
Puissances réfrigération	Puissance frigorifique ① (kW)	108,0	112,6	126,2	137,5	152,1	168,7	199,9	218,9	257,5	280,6
	Puissance absorbée ③ (kW)	38,0	34,5	39,6	45,4	48,2	55,6	66,1	75,6	88,2	99,9
	Efficacité EER	2,8	3,3	3,2	3,0	3,2	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8
Puissances chauffage	Puissance calorifique ② (kW)	107,6	114,6	128,7	140,2	158,9	177,1	207,7	230,1	267,6	293,1
	Puissance absorbée ③ (kW)	32,1	32,4	35,5	38,6	43,8	50,0	60,0	67,0	81,9	91,1
	Efficacité COP	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2
Ventilateur circuit extérieur	Débit d'air nominal (m³/h)	30.000	42.000	42.000	42.000	55.000	56.000	75.000	75.000	112.500	112.500
	Pression statique disponible (mm.c.a.)	4									
	Type	Hélicoïdal									
	Nombre	2		2		4				6	
	Diamètre (mm)	2 x 800		2 x 800		2 x 630 + 2 x 800		4 x 800		6 x 800	
	Puissance (kW)	2 x 2,0 / 1,3		2 x 2,0 / 1,3		2 x 0,7 / 0,4 + 2 x 2,0 / 1,3		4 x 2,0 / 1,3		6 x 2,0 / 1,3	
	Vitesse (r.p.m.)	895 / 685		895 / 705		875 / 650 895 / 685		895 / 685		895 / 685	
Ventilateur soufflage circuit intérieur	Débit d'air nominal (m³/h)	18.200	18.200	20.400	24.000	27.500	30.000	33.000	37.000	42.000	46.000
	Pression statique disponible (mm.c.a.)	15,0	11,2	12,7	12,7	12,3	14,8	17,7	19,2	15,1	17,9
	Type	Centrifuge									
	Nombre / nombre turbines	2 / 2	1/3								
	Puissance moteur (kW)	2 x 2,2	3	3	5,5	5,5	7,5	11	11	18,5	22
	Puissance absorbée (kW)	2,91	2,00	2,43	3,40	4,10	5,15	7,26	9,39	13,26	16,83
	Vitesse (r.p.m.)	717	581	561	605	621	651	729	760	858	918
Compresseur	Type	Scroll									
	Nombre compresseurs	2				4					
	Nombre circuits	2						4			
	Nombre étages	2				4					
	Type huile	Copeland 3MAF 32cST, Danfoss POE 160SZ, ICI Emkarate RL 32CF, Mobil EAL Artic 22CC									
	Volume d'huile (l)	2 x 6,2	2 x 6,2	2 x 6,2	2 x 6,2	4 x 3,3	4 x 6,2	4 x 6,2	4 x 6,2	4 x 6,2	4 x 6,2
Caractéristiques électriques	Tension de réseau	400 V / III ph / 50 Hz (±5%)									
	Alimentation	3 fils + terre									
Intensité maximale absorbée	Compresseur(s) (A)	79,6	79,6	91,1	102,6	100,4	122,0	140,6	159,2	182,2	205,2
	Ventilateur(s) extérieur(s) (A)	8,6	8,6	8,6	8,6	11,2	11,2	17,2	17,2	25,8	25,8
	Ventilateur intérieur (A)	10,0	6,9	6,9	11,6	11,6	14,7	22,0	22,0	37,0	42,0
	Contrôle (A)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Total (A)	100,0	96,9	108,4	124,6	125,0	149,7	181,6	200,2	246,8	274,8
Réfrigérant	Type	R-410A									
	Potentiel de réchauffement global (PRG) ④	1.720									
	Charge (kg)	36,5	33,0	34,0	35,0	35,0	41,0	44,0	46,0	57,0	58,0
	Longueur (mm)	3.328	4.816	4.816	4.816	4.816	4.816	4.816	4.816	6.316	6.316

Table 10: option ventilateur de soufflage roof top

Ventilateur de soufflage plug-fan de vitesse variable

Option pression standard

Space PF		90	120	160	180	240	320	360	415	420
Débit d'air nominal	(m³/h)	4.000	6.000	8.700	9.000	12.000	14.300	15.900	18.000	18.000
Pression statique disp. max.	(mm.c.a.)	93,0	78,6	85,7	84,1	80,5	83,4	55,2	83,2	83,5
Nombre		1		2					3	
Diamètre	(mm)	1 x 500		2 x 500					3 x 500	
Puissance	(kW)	1 x 2,68		2 x 2,68					3 x 2,68	
Vitesse	(r.p.m.)	1 x 1.700		2 x 1.700					3 x 1.700	
Intensité absorbée dans le point de pression max. disp.	(A)	3,5	4,1	7,2	7,3	8,2	8,3	8,2	12,2	12,2

Space PF		480	485	540	600	650	720	840	960	1100	1200
Débit d'air nominal	(m³/h)	18.200	18.200	20.400	24.000	27.500	30.000	33.000	37.000	42.000	46.000
Pression statique disp. max.	(mm.c.a.)	82,2	82,5	73,4	77,5	72,7	63,5	69,2	57,0	59,7	48,3
Nombre		3			4			5		6	
Diamètre	(mm)	3 x 500			4 x 500			5 x 500		6 x 500	
Puissance	(kW)	3 x 2,68			4 x 2,68			5 x 2,68		6 x 2,68	
Vitesse	(r.p.m.)	3 x 1.700			4 x 1.700			5 x 1.700		6 x 1.700	
Intensité absorbée dans le point de pression max. disp.	(A)	12,2	12,2	12,4	16,3	16,6	16,5	20,6	20,7	24,9	24,8

ANNEXE V : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME A EAU GLACEE

Annexe V-1 : schéma d'installation du système à eau glacée

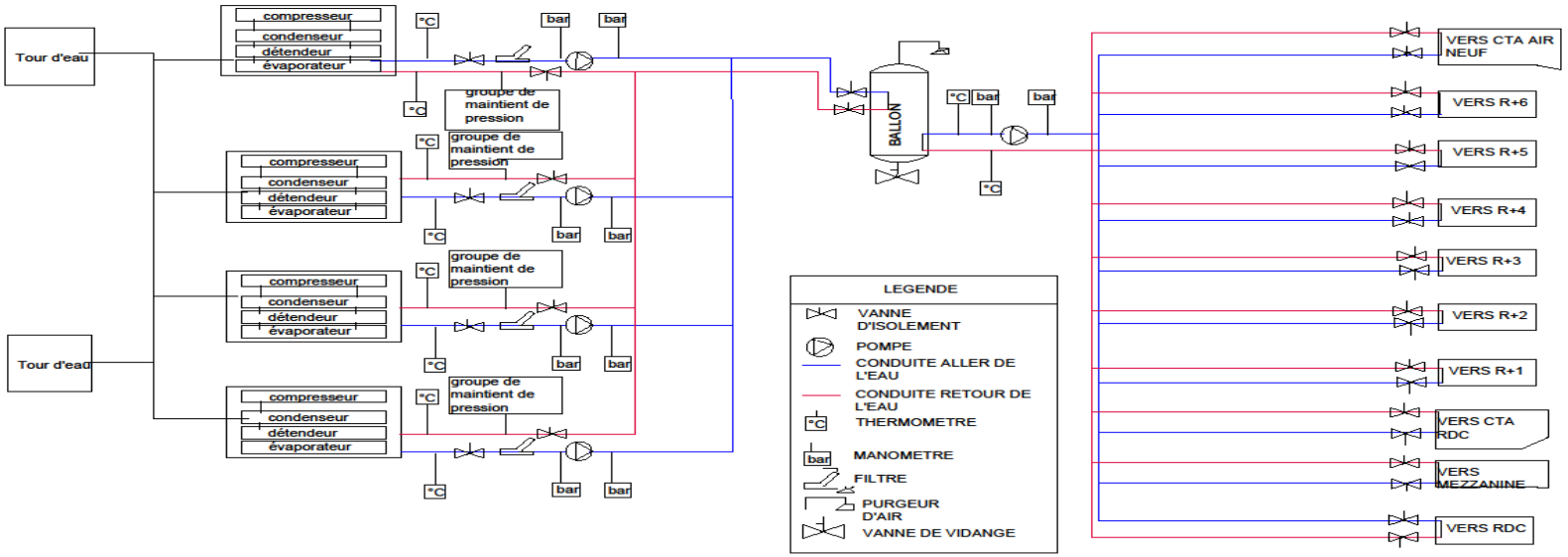


Figure 14: schéma du système à eau glacée

Annexe V-2 : choix des unités de distribution du système à EG du R+1

Tableau 30: choix des unités terminales de distribution du système à EG du R+1

SIEGE BANK OF AFRICA OUAGADOUGOU (BURKINA FASO) BILAN THERMIQUE ET SELECTION EQUIPEMENTS												
		RESULTATS ETUDES				**SELECTION**						
	Désignations	**Surfaces (m^2)**	**Charges (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**Débit souffle (m^3/h)**	**Désignation DAIKIN**	**Puis U. (kW)**	**Qté**	**Puis t. (kW)**	**Ratios (W/m^2)**	**Débit d'air soufflé (m^3/h)**	**Débit eau (l/h)**
R+1	archives 1	88,06	18,35	208	3 088	FWF05BT	4,00	5	20,0	227	4 380	3 447
	archives 2	88,06	18,42	209	3 056	FWF05BT	4,00	5	20,0	227	4 380	3 447
	archives 3	88,06	18,28	208	3 021	FWF05BT	4,00	5	20,0	227	4 380	3 447
	archives 4	88,06	18,64	212	3 112	FWF05BT	4,00	5	20,0	227	4 380	3 447
	archives 5	48,31	8,99	186	1 428	FWT04CT	3,31	3	9,9	206	1 887	1 712
	archives juridiques	47,50	9,98	210	1 248	FWT04CT	3,31	3	9,9	209	1 887	1 712
	local technique	14,92	2,94	197	618	FWT04CT	3,31	2	6,6	222	684	1 141
TOTAL R+1		***463***	***95,6***	***206***	***15 571***			***28***	***106,4***	***230***	***21 978***	***18 353***

Annexe V-3 : abaque de sélection des sections des conduites en acier

Table 11: abaque tuyauteries en acier noir

NB Débit m³ il faut multiplier par 1000 pour travailler en litre

ABAQUES TUYAUTERIES EN ACIER

KANATÉ N.

Température moyenne de l'eau : 80°C – Ordonnée : perte de charge linéaire mm CE/m – Résultats : débit en l/h et vitesse en m/s

(Perte de charge par mL)

	NFA 49.145 (ex tarif 1)							NFA 49.111 (ex tarif 10)			
Dénomination exacte	17.2×2.0	21.3×2.3	26.9×2.3	33.7×2.9	42.4×2.9	48.3×2.9	60.3×3.2	76.1×2.9	88.9×3.2	101.6×3.6 (3)	114.3×3.6
D intérieur	13.2	16.7	22.3	27.9	36.6	42.5	53.9	70.3	82.5	94.4	107.1
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80		100
Ancienne dénomination	12×17	15×21	20×27	26×34	33×42	40×49	50×60	70×76	82×89	94×102	107×114
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"	2" 1/2	3"	3"-1/2	4"
1.0	38 / 0.08	71 / 0.09	156 / 0.11	246 / 0.13	593 / 0.16	837 / 0.17	1679 / 0.20	3424 / 0.25	5258 / 0.27	7542 / 0.30	10572 / 0.33
1.2	42 / 0.09	79 / 0.10	173 / 0.12	316 / 0.14	656 / 0.17	930 / 0.19	1855 / 0.23	3781 / 0.27	5804 / 0.30	8324 / 0.33	11665 / 0.36
1.4	45 / 0.09	86 / 0.11	188 / 0.13	344 / 0.16	714 / 0.19	1067 / 0.21	2018 / 0.25	4111 / 0.29	6309 / 0.33	9045 / 0.36	12673 / 0.39
1.6	49 / 0.10	93 / 0.12	203 / 0.14	370 / 0.17	768 / 0.20	1148 / 0.22	2170 / 0.26	4420 / 0.32	6780 / 0.35	9719 / 0.39	13615 / 0.42
1.8	52 / 0.11	99 / 0.13	216 / 0.15	395 / 0.18	820 / 0.22	1224 / 0.24	2314 / 0.28	4710 / 0.34	7224 / 0.38	10354 / 0.41	14501 / 0.45
2.0	56 / 0.11	105 / 0.13	229 / 0.16	419 / 0.19	868 / 0.23	1296 / 0.25	2450 / 0.30	4985 / 0.36	7645 / 0.40	10955 / 0.43	15341 / 0.47
2.2	59 / 0.12	111 / 0.14	242 / 0.17	441 / 0.20	914 / 0.24	1365 / 0.27	2579 / 0.31	5248 / 0.38	8046 / 0.42	11528 / 0.46	16142 / 0.50
2.4	62 / 0.13	116 / 0.15	253 / 0.18	463 / 0.21	959 / 0.25	1431 / 0.28	2703 / 0.33	5495 / 0.39	8430 / 0.44	12077 / 0.48	16907 / 0.52
2.6	64 / 0.13	122 / 0.15	265 / 0.19	484 / 0.22	1002 / 0.26	1495 / 0.29	2823 / 0.34	5740 / 0.41	8799 / 0.46	12603 / 0.50	17643 / 0.54
2.8	67 / 0.14	127 / 0.16	276 / 0.20	504 / 0.23	1043 / 0.28	1556 / 0.30	2938 / 0.36	5973 / 0.43	9154 / 0.48	13111 / 0.52	19351 / 0.57
3.0	70 / 0.14	132 / 0.17	297 / 0.20	523 / 0.24	1083 / 0.29	1615 / 0.32	3049 / 0.37	6198 / 0.44	9497 / 0.49	13601 / 0.54	19035 / 0.59
3.3	73 / 0.15	139 / 0.18	302 / 0.22	551 / 0.25	1140 / 0.30	1708 / 0.33	3209 / 0.39	6522 / 0.47	9992 / 0.52	14307 / 0.57	20021 / 0.62
3.6	77 / 0.16	145 / 0.19	317 / 0.23	578 / 0.26	1195 / 0.32	1782 / 0.35	3363 / 0.41	6832 / 0.49	10465 / 0.54	14983 / 0.59	20964 / 0.65
4.0	82 / 0.17	154 / 0.20	335 / 0.24	612 / 0.28	1265 / 0.33	1886 / 0.37	3558 / 0.43	7226 / 0.52	11067 / 0.58	15842 / 0.63	22163 / 0.68
4.5	87 / 0.18	164 / 0.21	356 / 0.25	652 / 0.30	1348 / 0.36	2010 / 0.39	3789 / 0.46	7693 / 0.55	11780 / 0.61	16860 / 0.67	23583 / 0.73
5.0	92 / 0.19	174 / 0.22	379 / 0.27	690 / 0.31	1426 / 0.38	2126 / 0.42	4009 / 0.49	8136 / 0.58	12455 / 0.65	17823 / 0.71	24927 / 0.77
5.5	97 / 0.20	184 / 0.23	399 / 0.28	727 / 0.33	1501 / 0.40	2238 / 0.44	4218 / 0.51	8557 / 0.61	13098 / 0.68	18741 / 0.74	26207 / 0.81
6.0	102 / 0.21	192 / 0.24	418 / 0.30	762 / 0.35	1573 / 0.42	2344 / 0.46	4417 / 0.54	8960 / 0.64	13713 / 0.71	19618 / 0.78	27430 / 0.85
6.5	107 / 0.22	201 / 0.26	437 / 0.31	793 / 0.36	1642 / 0.43	2447 / 0.48	4609 / 0.56	9347 / 0.67	14304 / 0.74	20460 / 0.81	28605 / 0.88
7.0	111 / 0.23	209 / 0.27	454 / 0.32	828 / 0.38	1709 / 0.45	2545 / 0.50	4794 / 0.58	9720 / 0.70	14872 / 0.77	21271 / 0.84	29736 / 0.92
7.5	114 / 0.24	217 / 0.28	472 / 0.34	859 / 0.39	1773 / 0.47	2641 / 0.52	4973 / 0.61	10080 / 0.72	15421 / 0.80	22054 / 0.88	30826 / 0.95
8.0	120 / 0.25	225 / 0.29	488 / 0.35	889 / 0.40	1835 / 0.48	2733 / 0.55	5145 / 0.63	10428 / 0.75	15952 / 0.83	22811 / 0.91	31894 / 0.98
9.0	128 / 0.26	240 / 0.30	520 / 0.37	947 / 0.43	1954 / 0.52	2909 / 0.57	5476 / 0.67	11094 / 0.79	16967 / 0.88	24259 / 0.96	33903 / 1.05
10.0	135 / 0.28	254 / 0.32	551 / 0.39	1092 / 0.46	2066 / 0.55	3076 / 0.60	5789 / 0.70	11724 / 0.84	17929 / 0.93	25630 / 1.02	35814 / 1.10
11.0	142 / 0.29	267 / 0.34	580 / 0.41	1056 / 0.48	2174 / 0.57	3236 / 0.63	6087 / 0.74	12325 / 0.88	18844 / 0.98	26935 / 1.07	37633 / 1.16
12.0	149 / 0.30	280 / 0.36	607 / 0.43	1104 / 0.50	2276 / 0.60	3388 / 0.66	6372 / 0.78	12899 / 0.92	19718 / 1.02	28182 / 1.12	39372 / 1.21
13.0	156 / 0.32	293 / 0.37	634 / 0.45	1153 / 0.52	2375 / 0.63	3534 / 0.69	6645 / 0.81	13449 / 0.96	20558 / 1.07	29379 / 1.17	41040 / 1.27
14.0	162 / 0.33	305 / 0.39	660 / 0.47	1199 / 0.54	2469 / 0.65	3675 / 0.72	6908 / 0.84	13990 / 1.00	21366 / 1.11	30531 / 1.21	42646 / 1.31
15.0	168 / 0.34	316 / 0.40	686 / 0.49	1244 / 0.57	2561 / 0.68	3811 / 0.75	7163 / 0.87	14491 / 1.04	22146 / 1.15	31643 / 1.26	44196 / 1.36
16.0	174 / 0.36	327 / 0.42	708 / 0.50	1287 / 0.58	2650 / 0.70	3942 / 0.77	7409 / 0.90	14987 / 1.07	22901 / 1.19	32719 / 1.30	45696 / 1.41
17.0	180 / 0.37	338 / 0.43	732 / 0.52	1329 / 0.60	2736 / 0.72	4070 / 0.80	7647 / 0.93	15467 / 1.11	23632 / 1.23	33762 / 1.34	47149 / 1.45
18.0	186 / 0.38	349 / 0.44	754 / 0.54	1370 / 0.62	2819 / 0.74	4194 / 0.82	7879 / 0.96	15933 / 1.14	24343 / 1.26	34775 / 1.38	48561 / 1.50
19.0	191 / 0.39	359 / 0.46	776 / 0.55	1409 / 0.64	2901 / 0.77	4314 / 0.84	8105 / 0.99	16387 / 1.17	25035 / 1.30	35761 / 1.42	49935 / 1.54
20.0	197 / 0.40	369 / 0.47	798 / 0.57	1448 / 0.66	2980 / 0.79	4432 / 0.87	8326 / 1.01	16829 / 1.20	25708 / 1.34	36721 / 1.46	51273 / 1.58
22.0	207 / 0.42	388 / 0.49	839 / 0.60	1523 / 0.69	3133 / 0.83	4658 / 0.91	8748 / 1.07	17692 / 1.27	27007 / 1.40	38572 / 1.53	53853 / 1.66
24.0	217 / 0.44	406 / 0.52	878 / 0.63	1594 / 0.72	3279 / 0.87	4875 / 0.95	9153 / 1.11	18497 / 1.32	28248 / 1.47	40341 / 1.60	56318 / 1.74
26.0	226 / 0.46	424 / 0.54	916 / 0.65	1663 / 0.76	3419 / 0.90	5083 / 1.00	9542 / 1.16	19279 / 1.38	29440 / 1.53	42039 / 1.67	58684 / 1.81
28.0	236 / 0.48	441 / 0.56	953 / 0.68	1729 / 0.79	3554 / 0.94	5283 / 1.03	9916 / 1.21	20032 / 1.43	30586 / 1.59	43673 / 1.73	60961 / 1.88
30.0	244 / 0.50	458 / 0.58	990 / 0.70	1793 / 0.81	3685 / 0.97	5476 / 1.07	10277 / 1.25	20758 / 1.49	31693 / 1.65	45249 / 1.80	63158 / 1.95
33.0	257 / 0.52	481 / 0.61	1039 / 0.74	1885 / 0.86	3872 / 1.02	5755 / 1.13	10797 / 1.31	21804 / 1.56	33286 / 1.73	47520 / 1.89	66321 / 2.04
36.0	269 / 0.55	504 / 0.64	1088 / 0.77	1972 / 0.90	4052 / 1.07	6021 / 1.18	11294 / 1.38	22806 / 1.63	34808 / 1.81	49689 / 1.97	69344 / 2.14

	NFA 49.141 (ex tarif 19)				NFA 49.111 (ex tarif 10)							
Dénomination exacte	133.0×4.0 (1)	139.7×4.0	159.0×4.5 (1)	168.3×4.5	193.7×5.4	219.1×5.9	244.5×6.3 (3)	273.0×6.3	323.9×7.1	355.6×8.0	406.4×8.8	419.0×10.0 (4)
D intérieur	125.0	131.7	150.0	159.3	182.9	207.3	231.9	260.4	309.7	339.6	[illegible]	399.0
DN	(125) (2)	125	(150) (2)	150	(175) (2)	200		250	300	350	[illegible]	
Ancienne dénomination	125×133	131×140	150×159	159×168	183×194	207×219	232×244	260×273	309×324	340×355	390×406	400×419
		5"		6"		8"		10"	12"	14"	16"	
1.0	15982 / 0.34	18375 / 0.37	26011 / 0.41	30542 / 0.43	44156 / 0.47	61661 / 0.51	83137 / 0.55	113204 / 0.59	179578 / 0.66	229457 / 0.70	[illegible]	352274 / 0.78
1.2	17628 / 0.40	20266 / 0.41	28679 / 0.45	33671 / 0.47	48667 / 0.51	67942 / 0.56	91594 / 0.60	124676 / 0.65	197768 / 0.73	252577 / 0.77	[illegible]	387539 / 0.86
1.4	19147 / 0.43	22010 / 0.45	31141 / 0.49	36557 / 0.51	52825 / 0.56	73731 / 0.61	99368 / 0.65	135247 / 0.71	214409 / 0.79	273871 / 0.84	[illegible]	420105 / 0.93
1.6	20565 / 0.47	23637 / 0.48	33437 / 0.53	39249 / 0.55	56703 / 0.60	79129 / 0.65	106626 / 0.70	145190 / 0.76	229974 / 0.85	293716 / 0.90	[illegible]	450448 / 1.00
1.8	21899 / 0.50	25169 / 0.51	35598 / 0.56	41782 / 0.58	60351 / 0.64	84207 / 0.69	113451 / 0.75	154367 / 0.81	244608 / 0.90	312373 / 0.96	[illegible]	478971 / 1.06
2.0	23163 / 0.52	26621 / 0.54	37645 / 0.59	44182 / 0.62	63807 / 0.67	89015 / 0.73	119914 / 0.79	163139 / 0.85	258462 / 0.95	330032 / 1.01	[illegible]	505967 / 1.12
2.2	24367 / 0.55	28003 / 0.57	39594 / 0.62	46466 / 0.65	67097 / 0.71	93593 / 0.77	126067 / 0.83	171491 / 0.89	271647 / 1.00	346840 / 1.06	[illegible]	531658 / 1.18
2.4	25519 / 0.58	29325 / 0.60	41458 / 0.65	48652 / 0.68	70243 / 0.74	97971 / 0.81	131950 / 0.87	179475 / 0.94	284254 / 1.05	362908 / 1.11	[illegible]	556218 / 1.24
2.6	26626 / 0.60	30595 / 0.62	43248 / 0.68	50750 / 0.71	73264 / 0.77	102173 / 0.84	137597 / 0.90	187139 / 0.98	296351 / 1.09	378327 / 1.16	[illegible]	579783 / 1.29
2.8	27691 / 0.63	31818 / 0.65	44972 / 0.71	52770 / 0.74	76172 / 0.81	106218 / 0.87	143034 / 0.94	194516 / 1.01	307997 / 1.14	393169 / 1.21	[illegible]	602465 / 1.34
3.0	28720 / 0.65	32999 / 0.67	46637 / 0.73	54721 / 0.76	79950 / 0.84	110124 / 0.91	148252 / 0.98	201638 / 1.05	319238 / 1.18	407496 / 1.25	[illegible]	624358 / 1.39
3.3	30202 / 0.68	34700 / 0.71	49035 / 0.77	57531 / 0.80	83025 / 0.88	115750 / 0.95	155842 / 1.02	211895 / 1.11	335426 / 1.24	428126 / 1.31	[illegible]	655202 / 1.46
3.6	31620 / 0.72	36328 / 0.74	51328 / 0.81	60219 / 0.84	86893 / 0.92	121129 / 1.00	163048 / 1.07	221700 / 1.16	350980 / 1.29	447846 / 1.37	[illegible]	686013 / 1.52
4.0	33424 / 0.76	38397 / 0.78	54245 / 0.85	63636 / 0.89	91810 / 0.97	127968 / 1.05	172255 / 1.13	234165 / 1.22	370570 / 1.37	472911 / 1.45	[illegible]	724310 / 1.61
4.5	35558 / 0.80	40846 / 0.83	57695 / 0.91	67679 / 0.94	97628 / 1.03	136058 / 1.12	183122 / 1.20	248907 / 1.30	393832 / 1.45	502533 / 1.54	[illegible]	769597 / 1.71
5.0	37578 / 0.85	43164 / 0.88	60962 / 0.96	71506 / 1.00	103134 / 1.09	143714 / 1.18	193406 / 1.27	262858 / 1.37	415843 / 1.53	530600 / 1.63	[illegible]	812443 / 1.80
5.5	39501 / 0.89	45371 / 0.93	64070 / 1.01	75149 / 1.05	108374 / 1.15	151000 / 1.24	203192 / 1.34	276132 / 1.44	436785 / 1.61	557285 / 1.71	[illegible]	853207 / 1.90
6.0	41340 / 0.94	47481 / 0.97	67043 / 1.05	78631 / 1.10	113384 / 1.20	157964 / 1.30	212546 / 1.40	288821 / 1.51	456801 / 1.68	582788 / 1.79	[illegible]	892165 / 1.98
6.5	43105 / 0.98	49506 / 1.01	69895 / 1.10	81973 / 1.14	118190 / 1.25	164646 / 1.36	221521 / 1.46	300994 / 1.57	476004 / 1.76	607255 / 1.86	[illegible]	929530 / 2.07
7.0	44804 / 1.01	51456 / 1.05	72641 / 1.14	85189 / 1.19	122817 / 1.30	171078 / 1.41	230160 / 1.51	312710 / 1.63	494486 / 1.82	630803 / 1.93	[illegible]	965585 / 2.14
7.5	46444 / 1.05	53337 / 1.09	75291 / 1.18	88294 / 1.23	127263 / 1.35	177288 / 1.46	238497 / 1.57	324017 / 1.69	512322 / 1.89	653527 / 2.00	[illegible]	1000216 / 2.22
8.0	48031 / 1.09	55158 / 1.12	77855 / 1.22	91298 / 1.27	131603 / 1.39	183292 / 1.52	246562 / 1.62	334956 / 1.75	529575 / 1.95	675569 / 2.07	[illegible]	1033780 / [illegible]
9.0	51064 / 1.16	58638 / 1.20	82756 / 1.30	97039 / 1.35	139860 / 1.48	194769 / 1.60	261974 / 1.72	355857 / 1.86	562542 / 2.07	717506 / 2.20	[illegible]	1097935 / 2.44
10.0	53934 / 1.22	61931 / 1.26	87393 / 1.37	102472 / 1.43	147672 / 1.56	205427 / 1.69	276555 / 1.82	375632 / 1.96	593730 / 2.19	757242 / 2.32	[illegible]	1158618 / 2.57
11.0	56666 / 1.28	65065 / 1.33	91806 / 1.44	107641 / 1.50	155106 / 1.64	215958 / 1.78	290427 / 1.91	394445 / 2.06	623399 / 2.30	795039 / 2.44	[illegible]	1216344 / 2.70
12.0	59277 / 1.34	68061 / 1.39	96024 / 1.51	112581 / 1.57	162210 / 1.71	225832 / 1.86	303685 / 2.00	412423 / 2.15	651752 / 2.40	831160 / 2.55	[illegible]	1271507 / 2.82
13.0	61782 / 1.40	70935 / 1.45	100071 / 1.57	117321 / 1.64	169025 / 1.79	235306 / 1.94	316404 / 2.08	429670 / 2.24	678951 / 2.50	865889 / 2.66	[illegible]	1324421 / 2.94
14.0	64194 / 1.45	73701 / 1.50	103963 / 1.63	121884 / 1.70	175585 / 1.86	244420 / 2.01	328644 / 2.16	446268 / 2.33	705125 / 2.60	899153 / 2.76	[illegible]	1375340 / 3.06
15.0	66521 / 1.51	76371 / 1.56	107724 / 1.69	126286 / 1.76	181915 / 1.92	253218 / 2.08	340456 / 2.24	462295 / 2.41	730382 / 2.69	931328 / 2.86	[illegible]	1424675 / 3.16
16.0	68773 / 1.56	78954 / 1.61	111360 / 1.75	130545 / 1.82	188039 / 1.99	261727 / 2.15	351881 / 2.31	477778 / 2.49	754813 / 2.78	962450 / 2.95	[illegible]	1472081 / 3.27
17.0	70955 / 1.61	81458 / 1.66	114885 / 1.81	134674 / 1.88	193975 / 2.05	269976 / 2.22	362956 / 2.39	492795 / 2.57	778493 / 2.87	992616 / 3.04	[illegible]	1518066 / 3.37
18.0	73075 / 1.65	83889 / 1.71	118308 / 1.86	138684 / 1.93	199739 / 2.11	277981 / 2.29	373711 / 2.46	507378 / 2.65	801488 / 2.94	1021909 / 3.13	[illegible]	1562798 / 3.47
19.0	75137 / 1.70	86255 / 1.76	121638 / 1.91	142584 / 1.99	205346 / 2.17	285770 / 2.35	384172 / 2.53	521563 / 2.72	823855 / 3.04	1050401 / 3.22	[illegible]	1606305 / 3.57
20.0	77146 / 1.75	88559 / 1.81	124882 / 1.96	146383 / 2.04	210808 / 2.23	293368 / 2.41	394362 / 2.59	535380 / 2.79	845641 / 3.12	1078154 / 3.31	[illegible]	1648606 / 3.66
22.0	81019 / 1.83	93001 / 1.90	131136 / 2.06	153708 / 2.14	221338 / 2.34	308001 / 2.53	414007 / 2.72	562016 / 2.93	887640 / 3.27	1131655 / 3.47	[illegible]	1730379 / 3.84
24.0	84720 / 1.92	97247 / 1.98	137112 / 2.16	160708 / 2.24	231401 / 2.45	321983 / 2.65	432780 / 2.85	587469 / 3.06	927774 / 3.42	1182770 / 3.63	[illegible]	1808443 / 4.02
26.0	88271 / 2.00	101320 / 2.07	142845 / 2.25	167422 / 2.33	241054 / 2.55	335396 / 2.76	450787 / 2.96	611884 / 3.19	966270 / 3.56	1231813 / 3.78	[illegible]	1883321 / 4.18
28.0	91688 / 2.08	105240 / 2.15	148363 / 2.33	173885 / 2.42	250344 / 2.65	348304 / 2.87	468115 / 3.08	635379 / 3.31	1003314 / 3.70	1279002 / 3.92	[illegible]	1955373 / 4.34
30.0	94986 / 2.15	109023 / 2.22	153687 / 2.42	180120 / 2.51	259308 / 2.74	360759 / 2.97	484826 / 3.19	658050 / 3.43	1039050 / 3.83	1324839 / 4.06	[illegible]	2024890 / 4.50
33.0	99734 / 2.26	114469 / 2.33	161352 / 2.54	189098 / 2.64	272213 / 2.88	378690 / 3.12	508908 / 3.35	690686 / 3.60	1090514 / 4.02	1390000 / 4.26	[illegible]	2124870 / 4.72
36.0	104271 / 2.36	119673 / 2.44	168677 / 2.65	197677 / 2.76	284544 / 3.01	395824 / 3.26	531969 / 3.50	721072 / 3.77	1139683 / 4.20	1452710 / 4.46	[illegible]	2220609 / 4.93

Vitesse ; pression de tolérance (10.0 à 15.0) ; Perte de charge (mmCE) par mL

REPERES :

$d = \frac{P}{\Delta T}$ → l/h ⇒ DN, d } ⇒ V (m/s) ⇒ Perte de charge par mL

(1) Tube hors norme ISO. Utiliser avec discernement (fonction : longueur réseau , tarif du jour par rapport au diametre superieur)

(2) Equipement non standard : a éviter

(3) Tube de la norme ISO . Pas d'équipement adapte . Utiliser avec discernement (fonction : longueur réseau , tarif du jour par rapport au diametre supérieur) Ne pas utiliser lorsque troncons courts entre equipements (locaux techniques)

(4) Tube hors norme ISO . Pas d'équipement adapte

NOTA :

1 : TUBE SELON NORME NFA-49115 (ex : Tarif 3) non repris dans tableau ci-dessus . Existe du diametre exterieur 17.2 au diametre exterieur 165.1 . Meme diametre exterieur que tubes precedents (sauf D ext 168.3 remplacé par D 165.1x4.5mm) Epaisseur plus forte de : 0.3 mm jusqu'a D ext 48.3
0.4 mm pour un D ext 60.3
0.7 mm – D ext 76.1
0.8 mm – D ext 88.9
0.4 mm – D ext 101.6
0.9 mm – D ext 114.3
0.5 mm – D ext 139.7

2 : A TITRE INDICATIF . Pour une température d'eau moyenne de 10 deg C , pour un même D int et une perte de charge égale , le débit d'eau correspondant, pour une perte de charge linéaire de 15.0 mmCE/m, diminue de l'ordre de :
15 % pour DN 15
10 % pour DN 50
9 % pour DN 150
7 % pour DN 250

Annexe V-4 : pertes de charges du réseau aéraulique

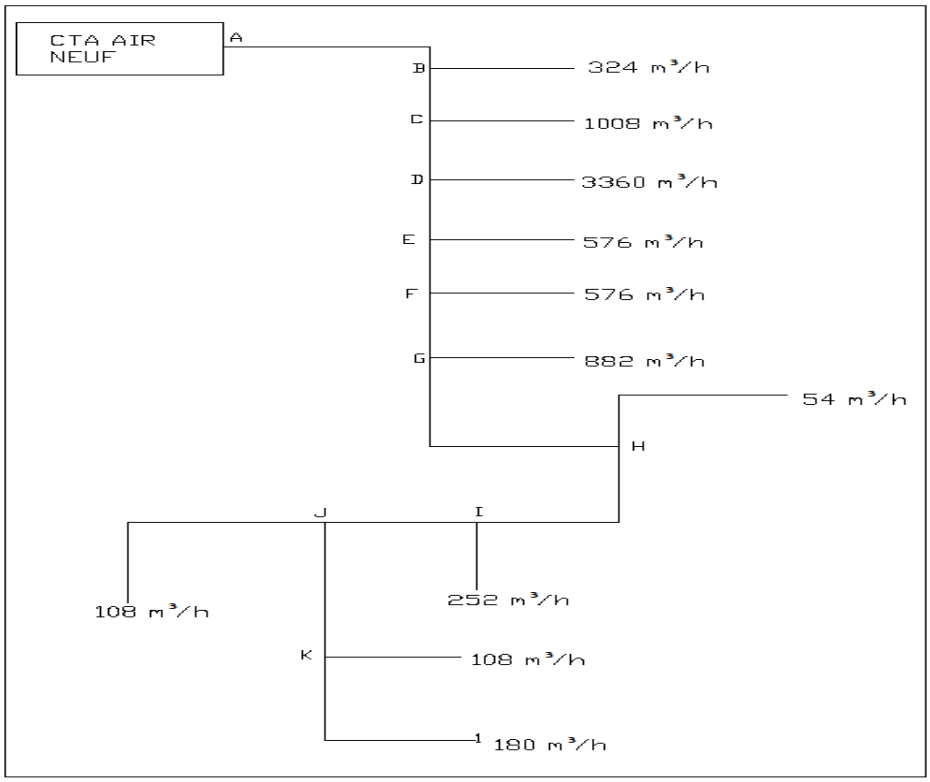


Tableau 31: pertes de charge du réseau aéraulique de la CTA air neuf

Tronçons	Débit (m^3/h)	D (mm)	Vitesse réelle (m/s)	J (Pa/m)	L (m)	J x L (Pa)	ξ	ξ x 1/2 x ρ x V^2 (Pa)	Pertes de charges totales (Pa)
A-B	7 434	630	7,50	0,95	5	4,75	0,2	6,75	154,75
B-C	7 110	630	6,34	0,95	5	4,75	0	0	4,75
C-D	6 102	560	6,88	0,95	5	4,75	0	0	4,75
D-E	2 736	400	6,05	0,95	5	4,75	0	0	4,75
E-F	2 160	355	6,06	0,95	5	4,75	0	0	4,75
F-G	1 584	315	5,65	0,95	8	7,60	0	0	7,60
G-H	702	250	3,97	0,95	15	14,25	0	0	14,25
H-I	648	250	3,67	0,95	10	9,50	0,2	1,61	11,11
I-J	396	200	3,50	0,95	3	2,85	0	0	2,85
J-K	288	200	2,55	0,95	7	6,65	0	0	6,65
K-1	180	160	2,49	0,95	5	4,75	3,2	11,87	16,62
TOTAL Pdc									**232,8**

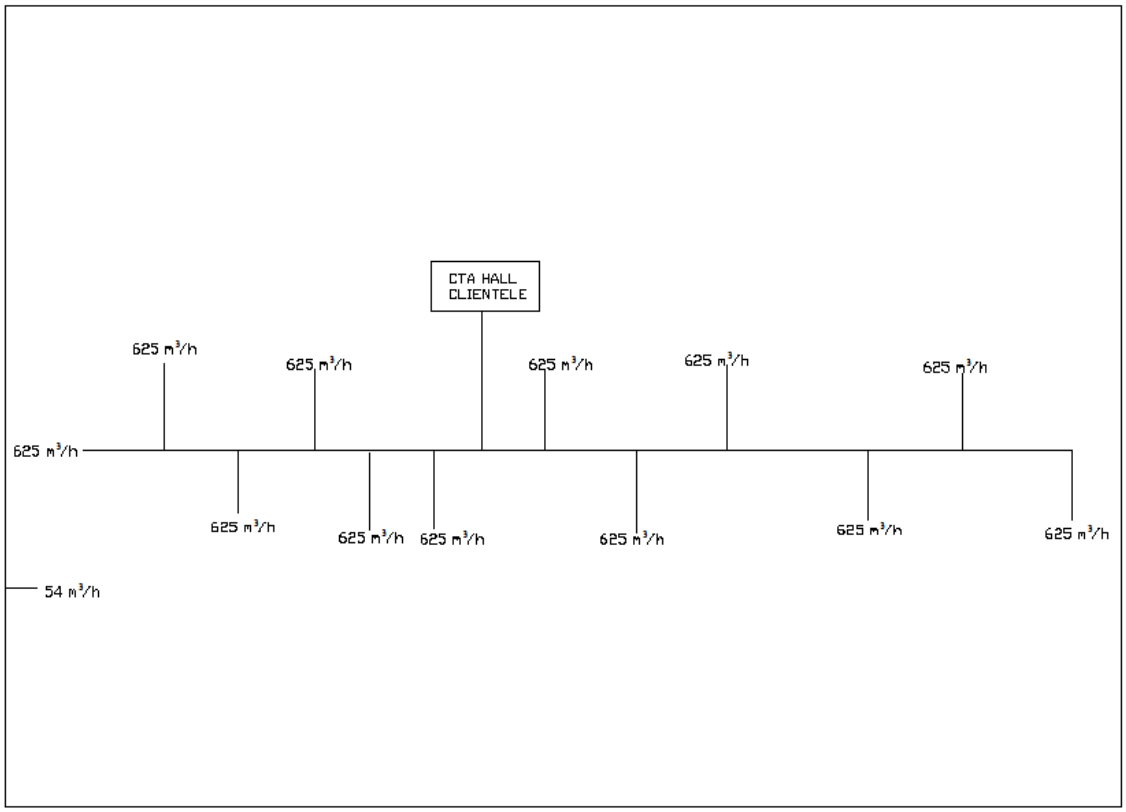


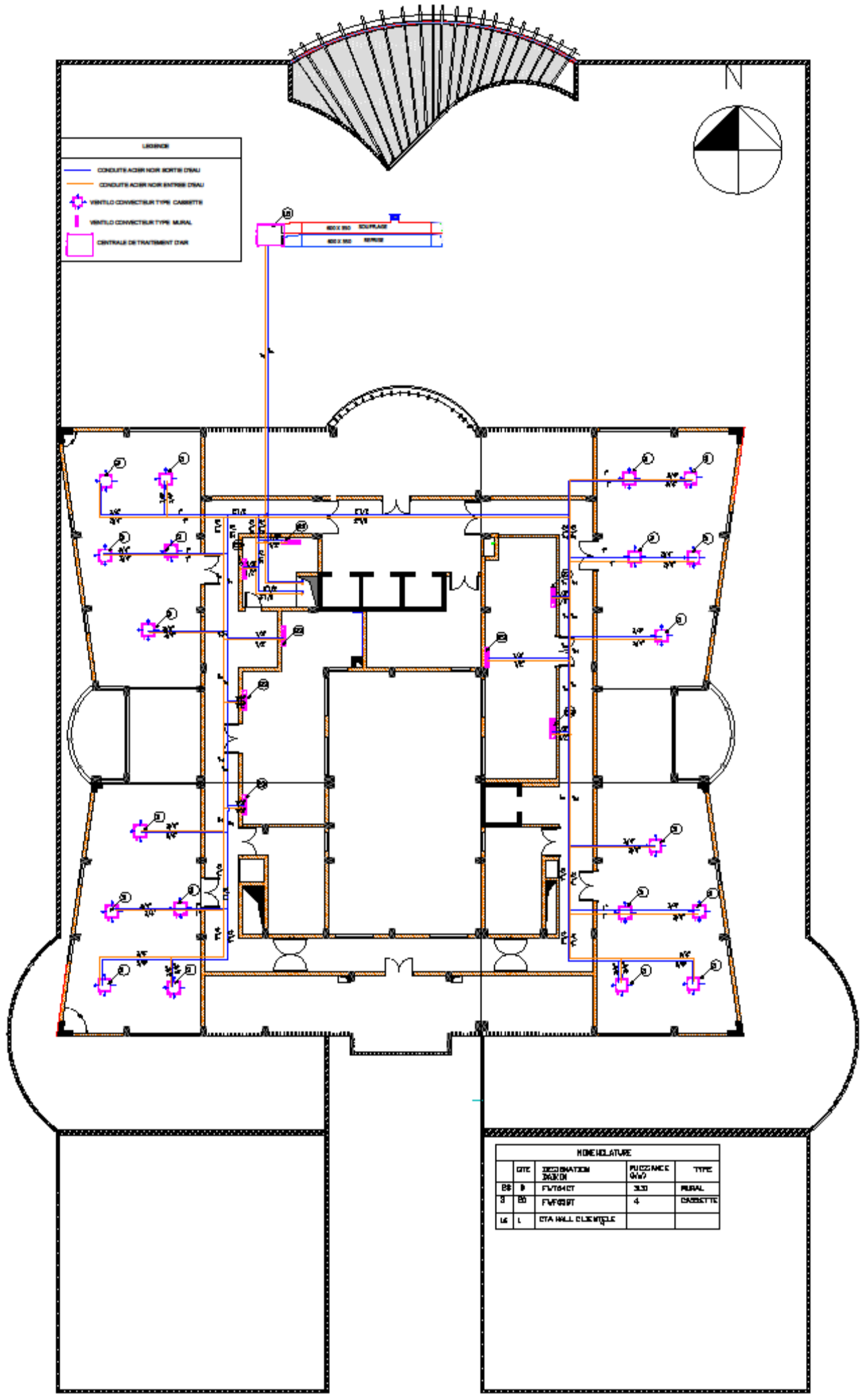
Tableau 32: pertes de charge du réseau aéraulique CTA hall clientèle

Tronçons	Débit (m^3/h)	D (mm)	Vitesse réelle (m/s)	J (Pa/m)	L (m)	J x L (Pa)	ξ	ξ x 1/2 x ρ x V^2 (Pa)	Pertes de charges totales (Pa)
A-B	7 500	630	7,50	0,95	3	2,85	0,20	6,75	152,85
B-C	3 750	450	6,55	0,95	2	1,90	0	0	1,90
C-D	3 125	450	5,46	0,95	2	1,90	0	0	1,90
D-E	2 500	400	5,53	0,95	2	1,90	0	0	1,90
E-F	1 875	355	5,26	0,95	2	1,90	0	0	1,90
F-G	1 250	315	4,46	0,95	2	1,90	0	0	1,90
G-1	625	250	3,54	0,95	2	1,90	3,20	24,02	25,92
TOTAL Pdc									**188,3**

Annexe V-5 : calcul de la hauteur manométrique des pompes

	Tronçons	Débit m^3/s	Débit l/h	V réelle (m/s)	D (mm)	Pdc linéaires (mm CE/m)	L (m)	Pdc linéaires x L (mm CE)	Pdc singulières (mm CE)	Pdc totales (mCE)
Pompes primaires	A-B	0,021	76364	1,5	125	16	20	320	384	0,70
	HMT									0,70
Pompe secondaire	A-B	0,070	250344	1,37	250	5	10	50	60	0,11
	B-C	0,054	195588	1,37	250	5	8	40	48	0,09
	C-D	0,038	137700	1,2	200	5	8	40	48	0,09
	D-E	0,033	119340	1,2	200	5	8	40	48	0,09
	E-F	0,026	95112	0,8	200	5	8	40	48	0,09
	F-G	0,020	70272	1,11	150	5	8	40	48	0,09
	G-H	0,014	49320	0,78	150	5	8	40	48	0,09
	H-I	0,008	27000	0,96	100	5	12	60	72	0,13
	I-J	0,005	18792	0,66	100	5	4	20	24	0,04
	J-K	0,005	16488	0,91	80	5	4	20	24	0,04
	K-L	0,004	15336	0,85	80	5	5	25	30	0,06
	L-M	0,004	14256	0,79	80	5	6,4	32	38,4	0,07
	M-N	0,0037	13284	0,73	80	5	2,4	12	14,4	0,03
	N-O	0,0034	12312	0,68	80	5	6,4	32	38,4	0,07
	O-P	0,0031	11340	0,63	80	5	3,4	07	20,4	0,04
	P-Q	0,0027	9612	0,81	65	5	5,2	26	31,2	0,06
	Q-R	0,0021	7452	0,62	65	5	5,2	26	31,2	0,06
	R-S	0,0007	6048	0,51	65	5	6,4	32	38,4	0,07
	S-T	0,0016	5616	0,47	65	5	3,8	19	22,8	0,04
	T-U	0,0013	4644	0,66	50	5	1,6	8	9,6	0,02
	U-V	0,0018	4212	0,60	50	5	2,2	11	13,2	0,02
	V-W	0,0009	3528	0,50	50	5	3	15	18	0,03
	W-X	0,0006	2160	0,48	40	5	1	5	6	0,01
	X-Y	0,0004	1368	0,47	32	5	9	45	54	0,10
	Y-1	0,0002	684	0,39	25	5	4,2	21	25,2	0,05
	HMT									1,58
Pompe CTA	A-B	0,011	40212	1,2	100	13	10	130	156	0,29
	B-C	0,010	34560	1,37	100	13	10	130	156	0,29
	C-D	0,007	26244	1,1	80	13	25,6	332,8	399,36	0,73
	D-1	0,005	07748	1,1	80	13	20	260	312	0,57
	HMT									1,88
Pompes tour	A-B	0,013	46800	0,97	125	6	10	60	72	0,13
	HMT									0,13

Annexe V-6 : plan du système à EG du R+1



Annexe V-7 : fiches techniques du système à EG

Table 12: performances hydraulique des pompes

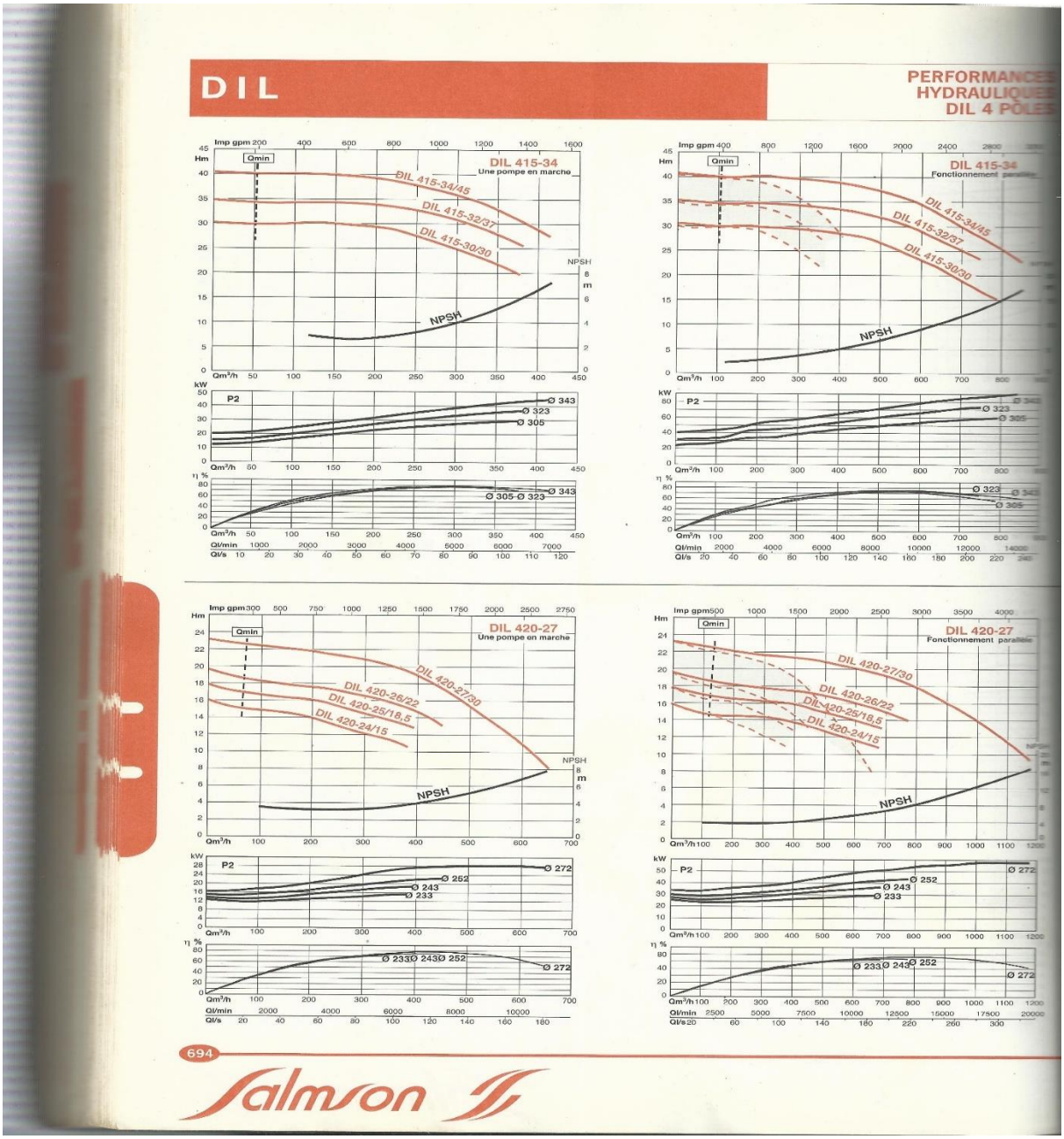


Table 13: caractéristique des groupes frigorifiques

EWWD650G-XS

Modèle					190	230	280	320	380	400	460	500	550	650
Puissance frigorifique	Nom.			kW	185	222	276	306	365	407	443	495	539	602
Puissance calorifique	Nom.			kW	238	286	355	400	470	523	569	634	693	785
Commande de puissance	Méthode				Variation de puissance continue "Stepless"									
	Puissance minimum			%	25				13					
Puissance absorbée	Rafraîchissement	Min.		kW	40,6	49,4	61,0	73,3	81,1	89,0	97,0	107,3	117,4	141
	Chauffage	Nom.		kW	51,7	62,9	77,7	93,4	103	114	124	137	150	180
EER					4,57	4,50	4,53	4,17	4,50	4,58	4,57	4,61	4,59	4,26
ESEER					5,53	5,43	5,46	5,02	5,69	5,82	5,81	5,83	5,80	5,36
COP					4,61	4,55	4,57	4,29	4,55	4,61	4,6	4,64	4,63	4,37
Dimensions	Unité	H x L x P		mm	1 860 x 920 x 3 435				1 880 x 860 x 4 305					
Poids	Unité			kg	1 650	1 665	1 680		2 800	2 945	2 955	2 975	2 990	
	Poids en service			kg	1 800	1 810	1 820		3 020	3 280	3 290	3 315	3 340	
Évaporateur	Type				Multitubulaire									
	Volume d'eau			l	125	120	110		170	285		280		
	Chute pression d'eau	Rafraîchissement		kPa	23	31	30	37	28	21	24	33	39	47
Condenseur	Type				Multitubulaire									
	Débit d'eau	Nom.		l/s	10,9	13,1	16,2	18,2	10,7	10,9	13,0	13,2	15,8	17,9
	Chute pression d'eau	Rafraîchissement		kPa	16	18	22	27	15				14	17
	Chute pression d'eau 2	Rafraîchissement		kPa	-				15			14		17
Compresseur	Type				Compresseur monovis Daikin									
	Quantité				1				2					
Nombre de compresseurs					1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Nombre d'évaporateurs					1									
Nombre de condenseur					1									
Delta de température min et max sur l'eau					4 ~ 8									
Delta de température min et max sur l'eau					4 ~ 8									
Puissance sonore	Rafraîchissement	Nom.		dB(A)	88				90					
Pression sonore	Rafraîchissement	Nom.		dB(A)	70				72					
Pression sonore à 10m				dB(A)	55,9	55,9	55,9	55,9	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2	58,2
Puissance acoustique avec option 76b				dB(A)	83,7	83,7	83,7	83,7	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2
Pression sonore à 1m avec option 76b				dB(A)	65,7	65,7	65,7	65,7	67,7	67,7	67,7	67,7	67,7	67,7
Pression sonore à 10m avec option 76b				dB(A)	51,9	51,9	51,9	51,9	54,2	54,2	54,2	54,2	54,2	54,2
Plage de fonctionnement	Évaporateur		Min.~Max.	°CBS	(-8 avec option 08) +4~15									
	Condenseur		Min.~Max.	°CBS	20~55									
Réfrigérant	Type				R-134a									
	Charge			kg	55				110	105	100			
	Commande				Détendeur électronique									
	Circuits	Quantité			1				2					
Alimentation électrique	Phase/Fréquence/Tension			Hz/V	3~/50/400									
Type de raccordement Evaporateur			Victaulic	mm	114,3				139,7	168,3				
Type de raccordement Condenseur				"	5"									
Intensité max de fonctionnement				A	114	136	165	186	229	250	272	301	330	373
Intensité max de démarrage				A	288	288	288	288	380	397	397	420	420	438

Table 14: caractéristiques des ventilo convecteurs

FWC-BT/BF

Ventilo convecteur - Moteur basse consommation

Unité intérieure				2 TUBES				4 TUBES			
				06	07	08	09	06	07	08	09
Puissance frigorifique	Puissance totale	Haute	kW	5,8	6,8	7,7	8,7	5,8	6,8	7,7	8,7
		Moyen	kW	5	5,6	6,3	7,2	5	5,6	6,3	7,2
		Petite	kW	4,1	4,7	4,9	5,7	4,1	4,7	4,9	5,7
	Puissance sensible	Haute	kW	4,1	4,7	5,6	6,5	4,1	4,7	5,6	6,5
		Moyen	kW	3,4	4	4,5	5,3	3,4	4	4,5	5,3
		Petite	kW	2,8	3,3	3,5	4,1	2,8	3,3	3,5	4,1
Puissance calorifique	2 tubes	Haute	kW	8	8,9	10,6	12,1	-			
		Moyen	kW	6,3	7,1	8,3	9,5				
		Petite	kW	5,5	5,9	6,9	7,8				
	4 tubes	Haute	kW	-				7,5	8,4	9,7	11
		Moyen	kW					6,2	6,8	7,8	8,8
		Petite	kW					5,5	5,9	6,7	7,8
Puissance absorbée		Haute	W	45	54	77	107	46	55	77	107
		Moyen	W	40	46	58	77	41	47	59	77
		Petite	W	34	37	39	45	35	38	40	46
Puissance sonore		Haute	dB(A)	46	49	55	59	43	47	53	57
		Moyen	dB(A)	42	44	48	53	40	42	46	51
		Petite	dB(A)	39	40	41	45	37	38	39	43
Dimensions	Unité	H x L x P	mm	288 x 840 x 840				288 x 840 x 840			
Poids	Unité		kg	26				29			
Chute de la pression d'eau	Rafraîchissement		kPa	15	19	26	34	15	19	25	32
	Chauffage		kPa	15	19	26	34	24	30	38	47
Ventilateur	Type			Ventilateur				Ventilateur			
	Débit d'air	Haute	m^3/h	1 062	1 236	1 518	1 776	1 032	1 200	1 476	1 746
Niveau de puissance sonore	Haute		dB(A)	36	39	44	49	36	39	44	49
Niveau de pression sonore	Haute		dB(A)	24	28	32	37	24	28	32	37
Raccords de tuyauterie	Eau	Entrée		3/4" BSP (filetage femelle)				3/4" BSP (filetage femelle)			
		Sortie		3/4" BSP (filetage femelle)				3/4" BSP (filetage femelle)			
	Évacuation	DE	mm	VP25 (dia. externe 32, dia. interne 25)				VP25 (dia. externe 32, dia. interne 25)			
Alimentation électrique	Phase/Fréquence/Tension		Hz/V	1~/50/220-240				1~/50/220-240			

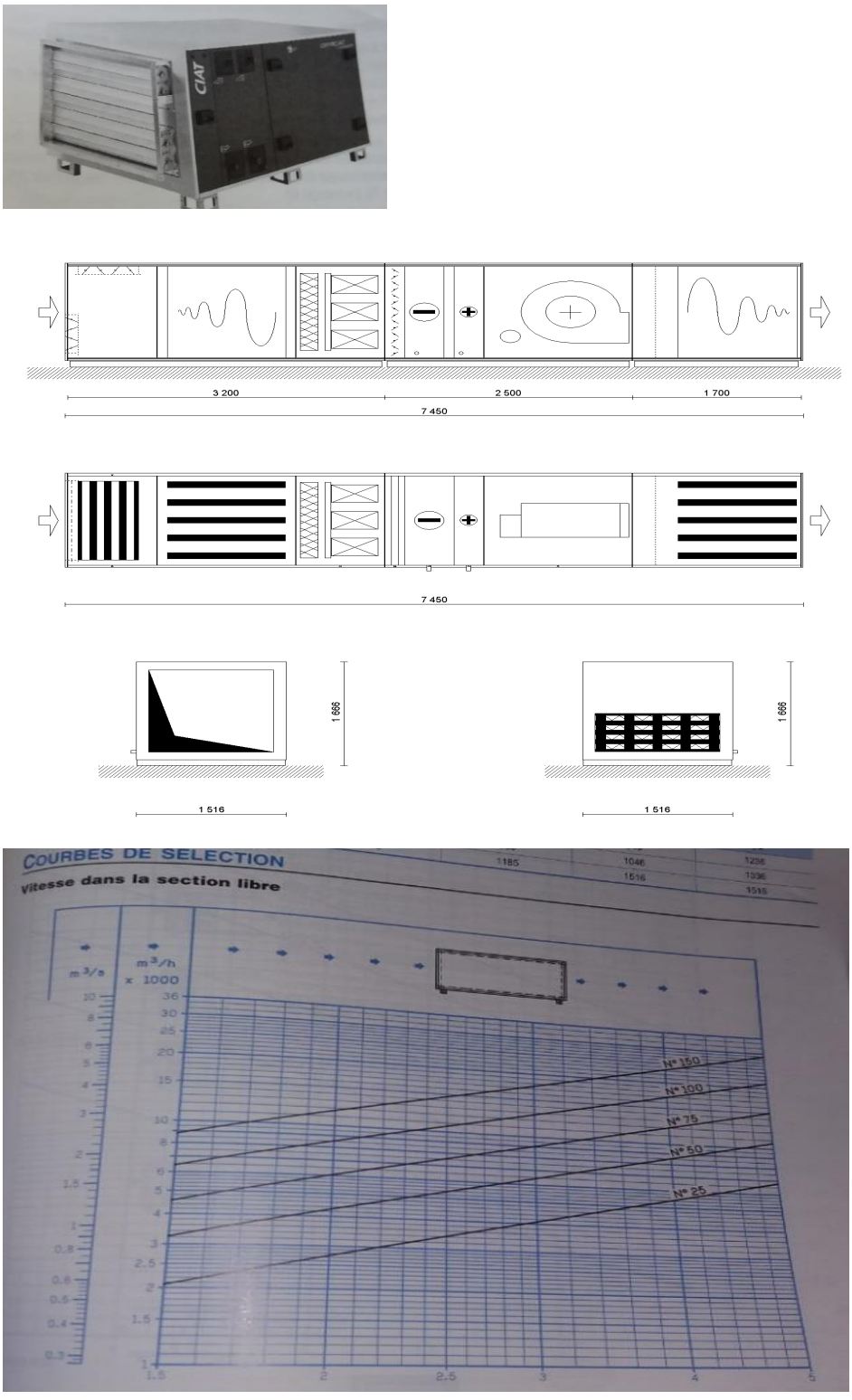
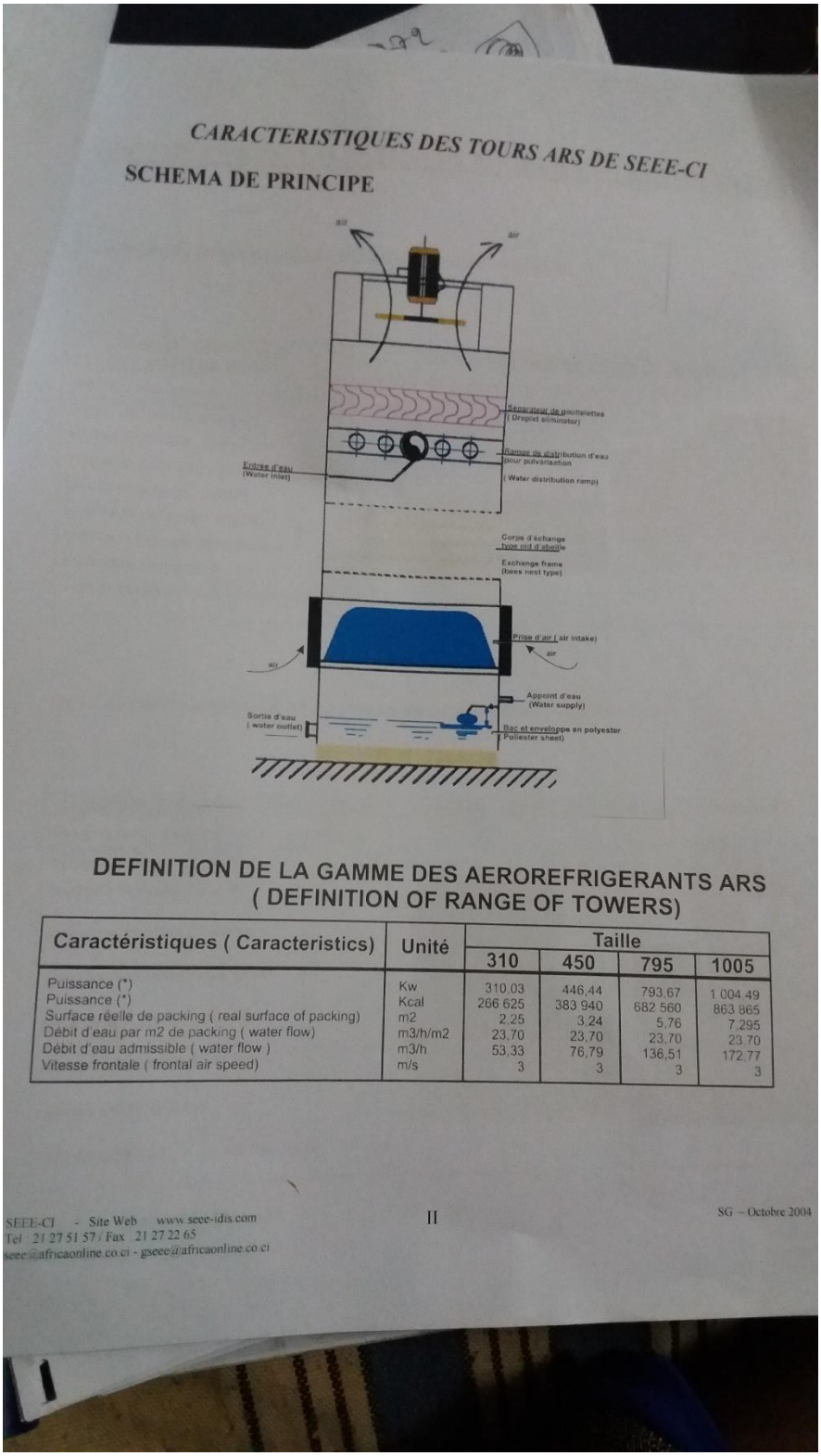


Figure 15:caractéristiques techniques des CTA



CARACTERISTIQUES DES TOURS ARS DE SEEE-CI

SCHEMA DE PRINCIPE

DEFINITION DE LA GAMME DES AEROREFRIGERANTS ARS
(DEFINITION OF RANGE OF TOWERS)

Caractéristiques (Caracteristics)	Unité	Taille			
		310	450	795	1005
Puissance (*)	Kw	310.03	446,44	793,67	1 004.49
Puissance (*)	Kcal	266 625	383 940	682 560	863 865
Surface réelle de packing (real surface of packing)	m2	2.25	3.24	5,76	7.295
Débit d'eau par m2 de packing (water flow)	m3/h/m2	23,70	23,70	23,70	23,70
Débit d'eau admissible (water flow)	m3/h	53,33	76,79	136,51	172.77
Vitesse frontale (frontal air speed)	m/s	3	3	3	3

SEEE-CI - Site Web www.seee-idis.com
Tel : 21 27 51 57 / Fax 21 27 22 65
seee@africaonline.co.ci - gseee@africaonline.co.ci

II

SG – Octobre 2004

Figure 16: caractéristiques des tours de refroidissement