



**Etude du système de climatisation Volume Réfrigérant
Variable (VRV) pour le siège de l'UEMOA à Ouagadougou**

**MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET
ENERGIES RENOUVELABLES**

OPTION: GENIE ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le ... par

Erik HOUNGNINO

Travaux dirigés par : **YEZOUMA Coulibaly**

Enseignant, Chercheur

UTER : Génie Energétique et Industriel

Hilaire Kouami ADJAKA

Directeur de **HILEC et CO**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion : 2009-2010

DEDICACE

A mon Dieu Tout Puissant qui m'a donné la faculté de connaître et de comprendre et qui ne cesse de me combler de ses bienfaits. Qu'il soit loué éternellement, Amen !

Je dédie ce mémoire :

*A mon Père, **Léon HOUNGNINOU**, puisse Dieu le bénir !*

*A ma Mère, **Béatrice HOUNGNINOU**, qui m'a donné la vie et qui a guidé mes premiers pas dans la recherche du savoir, de la réussite et qui n'a jamais cessé de m'encourager. Qu'elle trouve ici la joie !*

A toute ma famille, mes frères et sœurs, mes amis qui m'encouragent toutefois qu'ils le peuvent. Que cet ouvrage soit pour eux une base afin qu'ils fassent mieux !

A tous, je dédie ce travail qu'est mon mémoire de fin d'étude.

« Je vous aime »

REMERCIEMENTS

Je voudrais en ces lignes, traduire toutes ma reconnaissance et ma profonde gratitude à toutes les personnes qui de près ou de loin ont participé au bon déroulement de cette étude.

Cette reconnaissance et gratitude vont, tout particulièrement à l'endroit de :

- **Monsieur Hilaire Kouami ADJAKA**, Directeur Général de l'entreprise HILEC & CO SARL, Expert en Efficacité Energétique qui a accepté d'encadrer ce mémoire. Monsieur ADJAKA, merci pour votre entière disponibilité, votre compréhension et vos conseils qui ont permis la réalisation de ce travail,
- **Monsieur Yézouma COULIBALY**, mon encadreur académique, Chef UTER Génie Energétique et Industriel, pour ses multiples explications, critiques, encouragements et élan insufflé à cette étude,
- **Monsieur Francis SEMPORE**, Enseignant au 2iE, pour ses conseils et explications.
- **Monsieur YAO Azoumah**, Enseignant et Responsable académique de notre formation pour son soutien et sa collaboration à l'obtention de ce stage,
- **Monsieur Souleymane DIARRA**, Directeur de la Société d'Etudes et Entreprise d'Equipements, qui a toujours été disponible et qui, malgré ses travaux, m'a accordé son engagement passionné, ses explications, ses critiques pour cette étude,
- **Monsieur Honoré TOE**, Expert Industriel, DG de la société ICB pour sa franche collaboration et son sens de rigueur dont j'ai bénéficié au cours de mon stage.

Je remercie également :

- Tous les enseignants qui ont concouru à notre formation,
- A mes Co-stagiaires (Adama et Saïdou) pour leur collaboration,
- Mes promotionnaires pour leur soutien moral et l'ambiance chaleureuse vécue au cours de la formation.

RESUME

La présente étude, qui s'inscrit dans le cadre des travaux de rénovation du siège de la Commission de l'UEMOA à Ouagadougou – Burkina Faso, a porté sur la climatisation des bureaux du bâtiment CEAO par le système VRV. Elle a porté également sur le dimensionnement du système de traitement pour l'immeuble. Ce travail a consisté à la détermination du bilan thermique de 156 bureaux et à leur répartition en six (06) grands zones de climatisation.

Une estimation financière des travaux a été effectuée suivie du Temps de Retour à l'Investissement (TRI). De cette étude, il ressort également l'impact environnemental par le remplacement du système de climatisation centralisée à eau glacée par le système VRV. Des propositions techniques et leur évaluation ont mis fin à ce rapport.

Mots Clés :

-
- 1 - Climatisation
 - 2 - Eau glacée
 - 3 - VRV
 - 4 - TRI
 - 5 - Environnement

ABSTRACT

The present survey, that appears in the setting of the works of renovation of the seat of the Commission of the UEMOA in Ouagadougou - Burkina Faso, carried on the air-conditioning of offices of the CEAO building by the VRV system. It was also about the determination of the system of air treatment for the building. This work consisted to the determination of the thermal balance of 156 offices and their distribution in six (06) big zones of air-conditioning.

A financial evaluation of works has been done consistent in the days of Return to the investment (SORTING). Of this survey it takes out again impact environmental also by the replacement of the air-conditioning system centralized to water frozen by the VRV system. The technical propositions and their assessment put an end to this report.

Key words:

-
- 1 - Air-conditioning
 - 2 - Frozen water
 - 3 - VRV
 - 4 - TRI
 - 5 - Environment

LISTE DES ABREVIATIONS

- UEMOA** : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
CEAO : Communauté Economique de l’Afrique de l’Ouest
RDC : Rez-de-chaussée
VRV : Volume Réfrigérant Variable
DRV : Débit Réfrigérant Variable
SARL : Société A Responsabilité Limitée
PID : Proportionnel, Intégral et Dérivé (PID)
CTA : Centrale de Traitement d’Air
TRI : Temps de Retour à l’Investissement
IEPF : Institut de l’Energie et de l’Environnement de la Francophonie (IEPF)
COP : Coefficient de Performance
UE1C : Unité Extérieure de la zone N°1 CEAO

SOMMAIRE

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
LISTE DES ABREVIATIONS	iv
SOMMAIRE	v
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	2
I.1 Raison sociale de l'Entreprise	2
I.2 Activités principales et domaines de compétences.	2
I.3 Moyens humains et matériels	3
CHAPITRE II : SYSTEME DE CLIMATISATION DU SIEGE DE L'UEMOA.	5
II.1 Description du système actuel de climatisation du bâtiment CEAO	5
II.2 Description du système VRV.....	10
CHAPITRE III : ETUDE DU SYSTEME VRV POUR LE BATIMENT CEAO	13
III.1 Description du bâtiment CEAO.....	13
III.2 Bilan thermique du bâtiment CEAO	13
III.3 Choix des équipements	14
III.3.1 Choix des unités intérieures	14
III.3.2 Choix des unités extérieures	16
III.3.2 Choix de l'unité extérieure de la CTA.....	17
III.3.3 Détermination des sections des liaisons frigorifiques (Tuyauterie).....	23
III.3.4 Choix du fluide frigorigène.....	25
III.4 Mise en œuvre des équipements	25
III.4.1 Equipements.....	25
III.4.2 Estimation du coût des travaux	27
CHAPITRE IV : ANALYSE ENERGETIQUE	29
IV.1 Situation énergétique après installation du système VRV	29
IV.2 Situation énergétique après mélange et recyclage de l'air extrait des bureaux.....	31
IV.3 Impact environnemental (Emission du CO ₂).....	34
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	35
BIBLIOGRAPHIE	36
ANNEXES	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Bilan thermique par niveau	14
Tableau 2 : Gamme et indices d'unités intérieures DAIKIN [3]	15
Tableau 3 : Choix du type et du nombre d'unités intérieures par niveau.....	15
Tableau 4 : Paramètres de détermination du système de refroidissement de la CTA	17
Tableau 5 : Caractéristiques de l'unité extérieure de la CTA	17
Tableau 6 : Caractéristiques de la Zone N°1	18
Tableau 7 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1.....	19
Tableau 8 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1 (Suite).....	20
Tableau 9 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1 (Suite).....	21
Tableau 10 : Unité extérieure de la Zone N°1	22
Tableau 11 : Caractéristiques des Zones N°2 à N°6	22
Tableau 12 : Unités extérieures des Zones N°2 à N° 6	22
Tableau 13 : Détermination des sections des tuyauteries des unités extérieures [4].....	23
Tableau 14 : Détermination des sections des tuyauteries principales [4]	24
Tableau 15 : Détermination des sections des tuyauteries secondaires [4]	24
Tableau 16 : Types de raccords REFNET [4]	24
Tableau 17 : Equipements nécessaires pour les installations VRV du bâtiment CEAO.....	26
Tableau 18 : Evaluation du coût d'installation du système VRV du bâtiment CEAO	27
Tableau 19 : Bilan électrique des Split installés au bâtiment CEAO.....	29
Tableau 20 : Situation de la consommation électrique après installation du VRV	30
Tableau 21 : Détermination du TRI après installation du système VRV.....	30
Tableau 22 : Différents états de l'air pour la CTA.....	33
Tableau 23 : Caractéristiques de la nouvelle unités extérieure de la CTA [3].....	33
Tableau 24 : Détermination du nouveau TRI après application des mesures proposées	34
Tableau 25 : Evaluation annuelle d'émission de CO2	34
Tableau 26 : Caractéristiques de la Zone N°2.....	38
Tableau 27 : Unité extérieure de la Zone N°2.....	38
Tableau 28 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2.....	39
Tableau 29 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2 (suite)	40
Tableau 30 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2 (suite)	41
Tableau 31 : Caractéristiques de la Zone N°3.....	42
Tableau 32 : Unité extérieure de la Zone N°3.....	42
Tableau 33 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°3.....	43
Tableau 34 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°3 (Suite).....	44

Tableau 35 : Caractéristiques de la Zone N°4.....	45
Tableau 36 : Unité extérieure de la Zone N°4.....	45
Tableau 37 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°4.....	46
Tableau 38 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°4 (Suite).....	47
Tableau 39 : Caractéristiques de la Zone N°4.....	48
Tableau 40 : Unité extérieure de la zone N°5	48
Tableau 41 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°5.....	49
Tableau 42 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°5 (Suite).....	50
Tableau 43 : Caractéristiques de la Zone N°6.....	51
Tableau 44 : Unités extérieure de la Zone N°6	51
Tableau 45 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6.....	52
Tableau 46 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6 (Suite).....	53
Tableau 47 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6 (Suite).....	54

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'Entreprise	4
Figure 2 : Mode de raccordement des liaisons frigorifiques [3]	16
Figure 3 : Schéma du principe de fonctionnement actuel de la CTA	31
Figure 4 : Schéma du principe de fonctionnement de la CTA proposé	32

Liste des Photos

Photo 1 : Groupes de production d'eau glacée.....	5
Photo 2 : CTA carrossées	6
Photo 3 : CTA maçonnées.....	6
Photo 4 : Ventilos convecteur : Etat délabré	7
Photo 5 : Système de climatisation VRV [1]	10
Photo 6 : Bâtiment CEAO	13
Photo 7 : Raccord REFNET	24

INTRODUCTION

La recherche quotidienne du confort thermique a amené l'homme à créer plusieurs systèmes de climatisations (système autonome, système central ou semi central, ...). Ces différents systèmes connaissent de multiples innovations.

De nos jours, l'une des innovations les plus importantes en matière de climatisation est le système de climatisation à Volume Réfrigérant Variable (VRV).

Dans le cadre des « Travaux de rénovation du siège de la Commission de l'UEMOA à Ouagadougou » ; travaux prévu pour durer deux (02) ans ; il est question de procéder au remplacement du système actuel de climatisation (système à eau glacée) par un nouveau système (VRV) en raison des multiples avantages (économie d'énergie, protection de l'environnement, ...) qu'offre ce nouveau système.

Pour cette étude, qui constitue d'ailleurs la première pour le siège de la Commission, plusieurs démarches et méthodes de calcul ont été utilisées.

Pour mener à bien, ce travail, un diagnostic général des installations de climatisation a été fait. Ensuite, s'en est suivie l'évaluation du bilan thermique des différents bureaux à climatiser. Ce bilan a permis de procéder au choix et au positionnement des équipements.

Enfin, une analyse de la consommation énergétique et une étude d'impact environnemental ont effectuées. Une conclusion et recommandations mettront fin à la présente étude.

- **Contexte**

La présente étude s'inscrit dans le cadre des travaux de réhabilitation des installations de climatisation du siège de la Commission de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à Ouagadougou au Burkina Faso.

- **Objectif**

L'objectif poursuivi dans le cadre de ce travail est de :

- Identifier et apprécier le système actuel de climatisation de l'UEMOA,
- Réévaluer le bilan thermique,
- Dimensionner les canalisations frigorifiques en tenant compte de données technologiques contemporaines des constructeurs,
- Choisir les équipements appropriés au système VRV,
- Simuler le fonctionnement du nouveau système en comparaison avec l'existant

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I.1 Raison sociale de l'Entreprise

La société **HILEC & CO** est une SARL (Société A Responsabilité Limitée) de droit burkinabé au capital de 1 000 000 FCFA. Elle est créée en 2004. Cette société a connu un nouveau statut juridique : Elle est passée de Société Individuelle à une SARL sous le Registre de commerce du Burkina Faso au n° : BFOUA 2010 B 1821. Son siège social est sis à Ouagadougou, au quartier **OUAGA 2000**, à l'adresse : 01 BP 5825 Ouagadougou 01- Burkina Faso, Tél.: (+226) : 50 35 82 92, Fax : (+226) 78 81 36 47.

Email : hilecetco@fasonet.bf

I.2 Activités principales et domaines de compétences.

I.2.1 Activités principales.

Conformément à son objet social, **HILEC & CO SARL** offre des services dans quatre principaux domaines d'activités que sont :

- l'**Ingénierie comprenant entre autres les audits électriques et énergétique,**
- le **contrôle technique,**
- le **conseil en maintenance,**
- l'**expertise, et la formation.**

La société **HILEC & CO** est aujourd'hui connue sur le plan national pour son expertise très éprouvée.

I.2.2 Domaines de compétences.

✓ **Economie d'énergie**

- Réalisation des études et propositions des programmes d'action d'amélioration de l'efficacité énergétique des consommateurs d'énergie ;
- Mise en application des programmes d'actions visant l'optimisation de l'efficacité énergétique dans les industries de production et consommation d'énergie avec garantie des résultats escomptés.
- Etc.

✓ **Courant fort**

- Dimensionnement des réseaux de distributions électriques (ligne électrique, éclairage public, électrification rurale, bâtiments publics) ;
- Installations des appareils et équipements industriels ;

✓ **Froid et climatisation**

- Dimensionnement des chambres froides ; réseau de climatisation centrale : CTA ;

- Dimensionnement des groupes froids industriels ;
- Climatisation des bâtiments publics.

✓ **Courant faible**

- Interventions sur les postes téléphoniques et autocommutateurs ;
- Dimensionnement des réseaux téléphoniques ;
- Dimensionnement des onduleurs et réseaux ondulés.

✓ **Sécurité et incendie**

- Protection des systèmes des réseaux de distribution électriques contre les catastrophes naturelles : paratonnerre ; parafoudre ;
- Dimensionnement des réseaux de sécurité dans les industries de production et dans les bâtiments publics ;
- Montage des systèmes de vidéo surveillance.

✓ **Logiciels techniques et électriques**

La société **HILEC & CO SARL** accompagne des entreprises à l'utilisation des logiciels techniques dont : Ecodial, Ecobat, Camélia, Dialux, Auto cad, coolpack, Energie plus, XI Pro.

I.3 Moyens humains et matériels

I.3.1 Moyens humains

La société **HILEC & CO SARL** dispose d'un personnel permanent comprenant plusieurs cadres (Ingénieurs et techniciens multidisciplinaires) qui interviennent dans tous ses domaines :

Le personnel permanent est composé de :

- **Deux (02) Ingénieurs** : Un (1) en Electricité et un (1) en Energétique ;
- **Trois (03) Techniciens** : Un (01) électrotechnicien, un (01) en Froid et un (01) en Electronique ;
- **Trois (03) Agents administratifs**: Une (01) Assistante de Direction, un (01) Responsable Commercial et un (01) Chauffeur.

Ce personnel permanent est appuyé par un réseau d'experts indépendants spécialisés dans divers domaines comme le froid et la climatisation, l'environnement, la gestion et les finances, la sociologie etc.

I.3.2 Moyens matériels

La société **HILEC & CO SARL** est équipée de moyens modernes informatiques, logistique et de communication (Internet haut débit) ainsi que des équipements techniques lui permettant de réaliser aisément toutes ses missions.

- **En moyens informatiques et au siège en particulier, on dénombre :**
 - Des logiciels spécialisés (calculs électriques, thermiques, dessins, etc.).
 - Des ordinateurs (desktops, ...) mis en réseau
- **Des moyens bureautiques appropriés :**
 - Photocopieuse A3-A4 ;
 - Imprimante canon noir et blanc A4 ;
 - Scanner ; Appareils photo numériques, graveurs, etc.
- **Moyens électriques et divers**

4 Testeurs multimètres (V, A, F, r, diodes) ; 1 analyseur de réseau microvip ; 1 mesureur de résistance de terre ; 1 mesureur d'isolement ; 2 manifold by-pass pour frigoriste ; 1 pompe à vide pour compresseur ; 1 unité de récupération des fluides ; 1 balance électronique ; Matériels de sécurité (gants, casques, lunettes, chaussures) ; 2 décamètres ; 1 cyclomètre ; Etc.
- **Matériel roulant**

La société **HILEC & CO SARL** dispose de : Deux (02) véhicules et Deux (02) motos

I.3.3 Organigramme

L'organigramme de **HILEC & CO SARL** se présente comme suit :

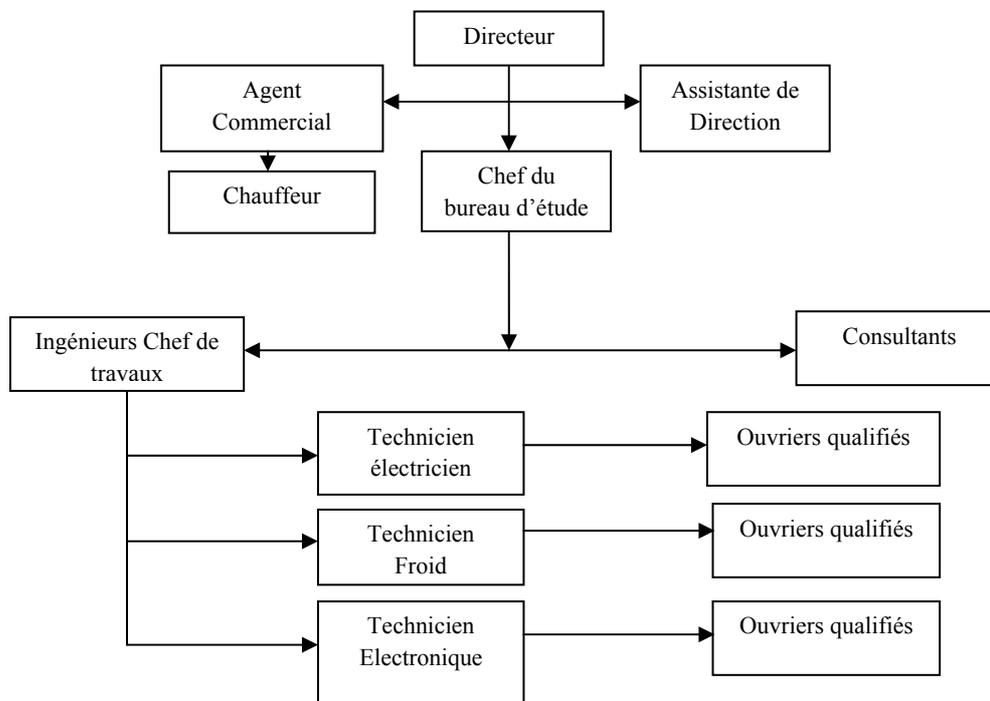


Figure 1 : Organigramme de l'Entreprise

CHAPITRE II : SYSTEME DE CLIMATISATION DU SIEGE DE L'UEMOA.

Le siège de la Commission de l'UEMOA est situé à Ouagadougou (Burkina Faso), sur l'Avenue du Professeur Joseph KI-ZERBO. Il abrite deux immeubles (CEAO et FOSIDEC) qui couvrent respectivement une superficie de 8000m² et 2400m². Ces immeubles sont constitués de bureaux, de salle de conférence et de galerie.

Le système de climatisation actuel de ces immeubles est de type centralisé à eau glacée. Le renouvellement d'air est effectué dans ces bureaux grâce à des Centrales de Traitements d'Air (CTA) installées à cet effet. Des extracteurs, installés à différents endroits, assurent l'extraction de l'air vicié dans les bureaux.

Dans le cadre du projet de rénovation des installations de la climatisation du siège de l'UEMOA, le nouveau système de climatisation proposé est de type Volume Réfrigérant Variable (VRV).

Dans la suite de ce rapport, nous allons nous limiter à l'étude de ce nouveau système de climatisation pour le bâtiment CEAO, vu l'ampleur des travaux et aussi du fait que le bâtiment FOSIDEC avait déjà fait l'objet d'une étude préalable (Rapport THIAM Baidy, 2008).

II.1 Description du système actuel de climatisation du bâtiment CEAO

Le confort dans les bureaux du bâtiment CEAO est assuré grâce à la production de l'eau glacée par des groupes frigorifiques. Ces groupes sont constitués d'un évaporateur où l'eau est refroidie puis distribuée aux éléments terminaux que sont les ventilo-convecteurs par l'intermédiaire des pompes. Ces groupes frigorifiques alimentent également la Centrale de Traitement d'Air (CTA) de l'immeuble. L'air neuf est traité (filtré, refroidit-déshumidifié, chauffé) dans une CTA et soufflé dans les salles, puis repris et rejeté vers l'extérieur via des gaines. L'actuel système de climatisation du CEAO est constitué de :

II.1.1 Groupes frigorifiques



On dénombre trois (3) groupes de production d'eau glacée, installés au local technique au sous sol, de type multi compresseur avec 2 compresseurs par unité à puissance étagée et à circuits indépendants. La puissance frigorifique unitaire de ces groupes est de 298 kW. Les compresseurs et condenseurs des groupes frigorifiques sont de marque DAIKIN et respectivement de type EUW120FSDY-1 et CXC24226346Y.

Photo 1 : Groupes de production d'eau glacée

II.1.2 Motopompe

Au total, quatre (04) pompes jumelées SALMSON sont installées pour la climatisation des bureaux de CEAO dont trois (03) paires pour le circuit condenseur et une (01) paire pour la circulation de l'eau glacée à travers les bureaux.

II.1.3 Tour de refroidissement

Une (1) tour de refroidissement métallique, de marque SEARL BUSH COOLING TOWERS et de capacité 243m³/h, installée en 2003 est en état de marche malgré son état corrosif.

II.1.4 Centrale de traitement d'air CTA

Sept (07) Centrales de Traitement d'Air (CTA) reliées à des réseaux de gaine, assurent l'amenée d'air neuf hygiénique préalablement traité dans les bureaux. Ce traitement consiste en la filtration, au refroidissement et déshumidification, au chauffage et à l'atténuation acoustique de l'air extérieur à souffler. Le bâtiment CEAO dispose de deux (02) types de Centrales de Traitement d'Air :

➤ **CTA carrossées**



Photo 2 : CTA carrossées

Trois (03) CTA carrossées sont installés au local technique CEAO : une (01) pour le hall et la galerie d'exposition (débit d'air 10 000 m³/h), une (01) pour la scène de la salle de conférence (débit d'air 6 000 m³/h) et une (01) CTA pour les bureaux (Débit d'air 10 000 m³/h). La CTA des bureaux est à tout air neuf. L'air est soufflé dans les bureaux par l'intermédiaire des grilles de forme rectangulaire.

➤ **CTA maçonnées.**



Photo 3 : CTA maçonnées

Au nombre de quatre (04), les centrales maçonnées sont installées au sous sol dont deux (02) pour la salle de Conférence CEAO (Débits d'air 25300 m³/h et 22 800 m³/h), une (01) pour la Hall de cette même salle (Débit d'air 43 115 m³/h) et une (01) pour la galerie. L'air est propulsé dans la salle de conférence par l'intermédiaire de six diffuseurs circulaires par contre dans le Hall par l'intermédiaire de trois grilles de soufflage circulaires.

II.1.5 Ventilateurs convecteurs

Le bâtiment CEAO dispose de plusieurs ventilateurs-convecteurs qui se retrouvent soit posés en allège dans les bureaux, soit dans les faux-plafonds (ventilateurs-convecteurs gainables). Au total,



deux cent cinquante sept (257) ventilateurs convecteurs ont été installés dans les bureaux de CEAO. La plupart de ces ventilateurs-convecteurs sont dans un état délabré, certains ne fonctionnent plus et d'autres ont des débits de soufflage très faibles. Cela est dû au fait que les batteries sont très encrassées et également aux comportements de certains occupants des bureaux.

Photo 4 : Ventilateurs convecteurs : Etat délabré

II.1.6 Extracteurs d'air

Six (6) extracteurs d'air de marque SOLYVENT VENTEC sont installés au CEAO. Cinq (5) sont posés sur des toitures et sont utilisés pour les bureaux et les sanitaires puis un (1) au RDC pour extraire l'air dans la salle de conférence et dans le hall de la salle de conférence. Les caractéristiques de ces extracteurs se présentent comme suit :

- **Extracteurs installés sur les toitures :**
 - ✓ Deux de 3 000 m³/h, 1 800 W, 750 tr/mn;
 - ✓ Deux de 2 500 m³/h, 250 W, 1000 tr/mn ;
 - ✓ Un de 820 m³/h, 32 W, 750 tr/mn
- **Extracteur posé au RDC**
 - ✓ Débit : 18 100 m³/h à deux vitesses, 2,2 kW.

II.1.7 Réseau d'eau glacée

L'eau glacée est transportée jusqu'au CTA et ventilateurs-convecteurs dans des tuyauteries en acier isolées par du polystyrène avec un revêtement en flinkot et à certains endroits elles sont isolées par de l'armaflex.

Les réseaux cheminent dans les faux plafonds au sous sol avant d'atteindre les niveaux supérieurs. Ils passent ensuite dans des boîtes en bois mélaminés et posés au sol pour atteindre les ventilateurs-convecteurs dans les bureaux.

Les CTA carrossées se trouvent dans le même local technique que les groupes d'eau glacée et sont alimentées directement en eau glacée. Par contre les tuyauteries d'eau glacée pour alimenter les CTA maçonnées (Sous sol sous le Hall de la salle de conférence) longent une galerie technique au sous sol.

II.1.8 Avantages et inconvénients du système de climatisation à eau glacée

II.1.8.1 Avantages

- Fluide frigoporteur (eau glacée) est sans danger et facile à manipuler contrairement aux fluides frigorigènes,
- Simplicité d'installation des unités intérieures (Ventilo convecteurs),

II.1.8.2 Inconvénients

- Système très encombrant,
- Système bruyant surtout en cas de vieillissement,
- Humidification et déshumidification aléatoires,
- Maintenance pas facile
- Risque de prolifération des organismes pathogènes des eaux de refroidissement.
- L'injection des désinfectants dans les systèmes de refroidissement peut aussi poser des problèmes de santé.
- Forte consommation élevée d'eau et d'énergie

II.1.9 Observations générales sur le système de climatisation de CEAO

La phase « diagnostic », a révélé l'existence de matériels de climatisation à majorité vétustes et obsolètes, dont la maintenance préventive est difficile à assurer de nos jours.

Les installations ont été faites en 1978 avec le remplacement des groupes CARRIER par des groupes DAIKIN qui assurent actuellement la production frigorifique.

- Les groupes frigorifiques (fabriqués en 1992) qui fonctionnent sont dans un état délabré. L'eau glacée est produite à 10°C au lieu de 7°C. Ils n'arrivent donc pas à satisfaire la demande en climatisation ce qui justifie l'installation de splits individuels dans beaucoup de bureaux en appoint ou en remplacement.
- Les débits d'air soufflés par les ventilo-convecteurs sont très faibles par rapport à la demande des bureaux.

- Les filtres sont encrassés, les tuyauteries d'arrivée d'eau glacée ne sont pas isolées à l'intérieur des ventilo-convecteurs. Ils sont d'un modèle technologiquement dépassé, les pièces de rechanges ne sont plus fabriquées.
- La tuyauterie pour l'eau glacée est vétuste avec des fuites d'eau et condensation à plusieurs endroits, les isolants sont détériorés.
- Les soufflages des ventilo-convecteurs sont dans la majorité des bureaux encombrés par des piles de papiers, des dossiers et des cartons et sont aussi utilisés pour rafraîchir les bouteilles.
- Les réseaux d'extraction d'air existent mais tous les extracteurs sont hors service.
- Les pompes d'eau glacées sont aussi vétustes que les groupes froids. Leur rendement est très mauvais et ne sont plus en mesure d'assurer les pressions nécessaires.
- En ce qui concerne les CTA, la construction en maçonnerie est toujours en bon état. Néanmoins certains de ses équipements (turbines, filtres, moteurs) sont détériorés, les fuites d'air existent. On note également dans toutes les CTA, la présence de toiles d'araignée, les moteurs et turbines sont crasseux et dans des états pratiquement détériorés.
- On note la présence de moisissures sur la tour de refroidissement. Ceci laisse présager d'un manque d'entretien de celle-ci. La plupart des surfaces d'échange sont endommagées. La partie métallique commence à pourrir. La différence de température fournit par cette tour ne dépasse pas 5°C entre l'entrée et la sortie d'eau. Ce qui entraîne un mauvais refroidissement des condenseurs des groupes froids et par conséquent une baisse du rendement de ces groupes.
- Consommation excessive d'énergie électrique pour la climatisation actuelle

Après analyse des observations générales portées sur l'actuel système de climatisation du siège de l'UEMOA en l'occurrence le bâtiment CEAO, il s'avère indispensable de trouver des solutions afin d'offrir aux occupants, le confort nécessaire et réduire la consommation énergétique. Ainsi donc, l'option d'un autre type de climatisation a été faite. Il s'agit du système de climatisation de type VRV.

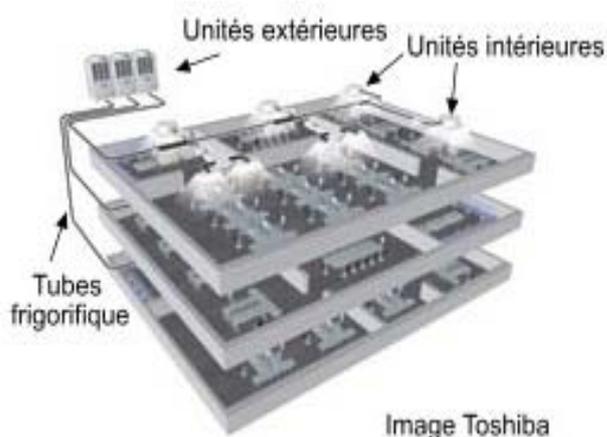
II.2 Description du système VRV

II.2.1 Définition

VRV signifie "Volume de Réfrigérant Variable" ou DRV : "Débit de Réfrigérant Variable". Cette dénomination traduit le fait que le système est capable d'adapter sa puissance strictement aux besoins thermiques des bureaux climatisés, à tout moment de la journée et quelle que soit la saison.

II.2.2 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du VRV est basé sur la variation du volume (Débit) du fluide frigorigène en fonction de la température de confort souhaité. Ainsi donc, un détendeur électronique, utilisant une commande PID, ajuste en permanence le débit du réfrigérant de façon à répondre aux variations de charges thermiques (température) de l'enceinte climatisée



contrairement aux variations caractéristiques des systèmes de régulation marche/arrêt.

Le système VRV est constitué d'une unité extérieure à laquelle sont raccordées plusieurs unités intérieures (Cf Photo N°4).

Suivant la puissance de l'appareil, l'unité extérieure comprend un ou plusieurs compresseurs du type **INVERTER** (vitesse variable).

Photo 5 : Système de climatisation VRV [1]

La technologie **INVERTER** est innovante. Elle permet de réguler la puissance de la machine en modulant la vitesse de rotation du moteur du compresseur. Elle ajuste la puissance du climatiseur en fonction du besoin réel de la pièce alors que les systèmes traditionnels de climatisation s'astreignent à des cycles chauds ou froids. La technologie **INVERTER** va, elle, pallier ces différences.

A ce jour, le principe de fonctionnement du système de climatisation type VRV permet de raccorder jusqu'à plus de 64 unités intérieures à une seule unité extérieure et ce en utilisant un seul circuit frigorifique et des pièces de raccordement (collecteurs et raccords).

Le système de climatisation VRV offre trois (03) types de fonctionnement :

- **Fonctionnement à récupération d'énergie** : Froid et Chaleur simultanément
- **Fonctionnement réversible** : Froid ou chaleur
- **Fonctionnement en froid seul** : Uniquement du froid

II.2.3 Technologie VRV

La technologie VRV nécessite, pour son fonctionnement, des unités (intérieures et extérieures) spécifiques, un fluide frigorigène adéquat, la définition d'un réseau du fluide frigorigène. Il nécessite également un bon système de commande.

Fluide réfrigérant

Le fluide caloporteur utilisé en VRV n'est ni l'air ni l'eau mais un fluide frigorigène bien spécifique.

Unité intérieure

L'unité intérieure (échangeur au niveau du local) est parcourue par le fluide frigorigène. Un ventilateur hélicoïdal force l'air du local au travers de l'échangeur. Elle peut fonctionner soit en rafraîchissement, soit en chauffage. Un détendeur électronique règle en permanence le débit de réfrigérant en fonction de la charge intérieure.

Unité extérieure

L'unité extérieure est généralement placée en toiture (pas de local technique spécifique). Ceci permet au condenseur d'être facilement refroidi par l'air extérieur.

Les unités extérieures sont modulaires et peuvent être alignées côte à côte. Chez certains constructeurs, les systèmes VRV autorisent des combinaisons d'unités extérieures permettant d'avoir un grand nombre d'unités intérieures raccordées.

Réseau de distribution

Les tuyauteries en cuivre souvent utilisées sont de très faible diamètre. Cela permet de gagner en encombrement et en pertes dues au transport de la chaleur par rapport au système traditionnel.

II.2.4 Régulation

Pour la climatisation de type "Froid Seul", la régulation de la température ambiante, au niveau de l'évaporateur, est assurée par :

- la régulation de vitesse du ventilateur de l'évaporateur,
- un détendeur électronique qui module le débit du fluide frigorigène en contrôlant la différence de température entrée-sortie du fluide dans l'évaporateur.

Dans l'unité extérieure, se trouve un compresseur hermétique à vitesse variable (Compresseur Scroll par exemple) avec une régulation INVERTER (Vitesse variable par réglage de la fréquence d'alimentation)

En pratique, une sonde est placée sur la pression d'aspiration du compresseur. Cette pression est maintenue constante par action sur la vitesse du compresseur. Automatiquement, la température d'évaporation est maintenue constante. Ainsi, si la charge thermique de l'enceinte augmente, la vitesse du compresseur augmente et le débit du fluide réfrigérant est augmenté. Si la puissance frigorifique devient importante, une cascade de deux (ou trois) compresseurs est réalisée, mais un seul travaille à vitesse variable. Le deuxième est régulé en "Tout ou Rien". Au démarrage, seul le compresseur INVERTER travaille. Dès que la charge dépasse la limite de puissance de ce compresseur, le deuxième compresseur est enclenché pour reprendre la charge et le compresseur INVERTER recommence à moduler à partir de 0%.

La communication des différentes commandes entre l'unité extérieure et les unités intérieures est assurée par des câbles téléphoniques multi paires. Au premier essai, l'unité extérieure affecte une adresse à chaque unité intérieure qui lui est connectée.

II.2.5 Avantages et inconvénients du VRV

Le système de climatisation VRV présente plusieurs avantages et inconvénients :

II.2.5.1 Avantages du VRV

- coefficient de performance (COP) élevé,
- Facilité d'installation
- Modularité du système (flexible à la modification),
- système très écologique,
- système moins encombrant (unités extérieures et intérieures),
- Peu coûteux à la maintenance,
- Faible consommation d'énergie permettant des économies d'énergie,
- Ultra silencieux au fonctionnement,
- Gamme variée de terminaux (unités intérieures) offrant de nombreuses opportunités d'aménagements intérieurs,
- Commandes individuelle et centralisée,
- Etc.

II.2.5.2 Inconvénients du VRV

- Système très cher à l'acquisition,
- Manipulation contraignante du fluide frigorigène contrairement à l'eau,
- Rareté des pièces de rechange actuellement sur le marché local,
- Etc.

CHAPITRE III : ETUDE DU SYSTEME VRV POUR LE BATIMENT CEAO

III.1 Description du bâtiment CEAO

Le bâtiment CEAO est situé dans l'enceinte du siège de l'UEMOA à Ouagadougou, du côté gauche à l'entrée principale. Il s'agit d'un immeuble à cinq (05) niveaux dont un Sous Sol, un



Rez-de-chaussée et trois (03) étages. Il comporte des bureaux et une grande Salle de Conférence. Il est orienté plein NORD. Les ouvertures (fenêtres, ...) de ce bâtiment sont, pour la plupart, protégées contre le soleil par des stores (pan de mur). Sa toiture est faite de dalle et recouverte de toile en aluminium afin de protéger celle-ci contre les infiltrations d'eau et les rayonnements solaires.

Photo 6 : Bâtiment CEAO

III.2 Bilan thermique du bâtiment CEAO

Le bilan thermique des bureaux de CEAO a été repris compte tenu de certaines considérations (bureaux rajoutés, écarts dans le calcul de bilan thermique de certains bureaux, ...). Ce calcul de bilan devra nous permettre de procéder au choix des différentes unités (intérieures et extérieures) et accessoires.

Plusieurs méthodes ont été utilisées et comparées pour la détermination du bilan thermique : CARRIER, YORK, Programme sous Feuille Excel dénommée « PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL » [2] et développée sur l'initiative de l'IEPF pour les pays d'Afrique. Les deux premières méthodes ne spécifient pas assez les conditions (température et hygrométrie) de l'environnement intérieur et extérieur. Elles se limitent juste à la définition des coefficients moyens de calcul. Quant à la troisième méthode, qui sera utilisée pour cette étude, elle permet de spécifier les conditions (intérieures et extérieures) de base pour le calcul contrairement aux autres méthodes.

Les conditions suivantes ont été fixées pour le calcul du bilan thermique :

- **Conditions extérieures :**
 - Température : 39°C
 - Humidité Relative : 40%
- **Conditions intérieures**
 - Température : 24°C
 - Humidité Relative : 50%

Les différents éléments (appareils électriques et électroniques, ...), sources de chaleur ont été également pris en compte.

Les plans du bâtiment mis à notre disposition et les différentes visites de site nous ont permis d'évaluer les métrés, d'apprécier l'orientation des différents bureaux, de choisir et de positionner convenablement les différentes unités.

Au total, cent cinquante six (156) bureaux du bâtiment CEAO ont fait l'objet du bilan thermique (Voir tableaux en annexe).

Le bilan thermique de la salle de Conférence n'est pas pris en compte. Son système de climatisation devra être indépendant de celui des bureaux en raison de son mode d'utilisation.

La puissance frigorifique totale estimée pour ce bâtiment (CEAO) est de **755,91kW** pour une superficie totale à climatiser de **4 121,22 m²**. Le calcul du bilan thermique par niveau du bâtiment se trouve résumé au tableau N°1.

	CEAO			
	Bilan (kW)	Bureaux à climatiser		Unit. Int. à installer
		Nbre	surf. (m ²)	
SS	20,09	2	101,71	3
RDC	150,50	40	789,60	40
R+1	224,71	50	1207,05	56
R+2	210,35	35	1193,28	45
R+3	150,27	29	829,58	37
TOTAL	755,91	156	4121,22	181

Tableau 1 : Bilan thermique par niveau

Le résultat du bilan thermique de chaque bureau se trouve dans les tableaux en annexe.

III.3 Choix des équipements

Le choix et le positionnement des équipements concernent les unités intérieures, les unités extérieures, le dimensionnement de la tuyauterie, le système de ventilation, la Centrale de traitement d'Air. La note de calcul utilisée, pour ce choix, est celle du Fabricant **DAIKIN**. Il dispose de plus de 30 années d'expérience dans le domaine du système VRV. Nous avons préféré ce Constructeur car il est seul à être représenté localement.

III.3.1 Choix des unités intérieures

Le choix des unités intérieures des différents bureaux a été fait suite au bilan thermique. L'emplacement de celle-ci conditionne fortement le confort des occupants.

Après du fabricant DAIKIN, les unités intérieures disponibles ont des puissances frigorifiques allant de 2,2kW à plus de 14kW. A chacune des unités intérieures correspond un indice. Les indices et gamme d'unités intérieures disponibles se trouvent au tableau N°2.

Unités intérieures	Puis. (kW)	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9	11,2	14
	Réf.	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Casset. Encast. à souff. circulaire	FXFQ	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Casset. Encast. à 4 voies de souff.	FXZQ	X	X	X	X	X		X		X
Casset. Encas. à 2 voies de souff.	FXCQ	X	X	X	X	X	X			
Cassettes encastrables Corner	FXKQ		X	X	X		X			
Petit Plafonnier encastré gainable	FXDQ	X	X							
Plafonnier encastré gainable (Extra plat)	FXDQ	X	X	X	X	X	X			
Plafonnier encastré gainable	FXSQ	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plafonnier encastré gainable	FXMQ				X	X	X	X	X	X
Unité murale	FXAQ	X	X	X	X	X	X			
Plafonnier apparent	FXHQ			X			X		X	
Casset. App. à 4 voies de souff.	FXUQ								X	X
Console carrossée	FXLQ	X	X	X	X	X	X			
Console non carrossée	FXNQ	X	X	X	X	X	X			

Tableau 2 : Gamme et indices d'unités intérieures DAIKIN [3]

Dans cette étude, trois modèles d'unités intérieures ont été choisis selon différents critères :

- Type mural : Les unités intérieures de type mural seront posées dans des bureaux où il n'existe pas du faux plafond mais des murs porteurs.
- Type cassette : Elles seront posées dans des bureaux où existe du faux plafond et aux salles de réunion.
- Type plafonnier : Elles seront posées dans les bureaux sans faux plafond avec des baies vitrées.

Le tableau N°3 résume le choix du type et du nombre d'unités intérieures effectué par niveau.

Puis. unités intéri. (kW)	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9	11,2	14	TOTAL
SOUS SOL										3
cassette						3				3
RDC										40
Mural	2	5	12	6	2	1	0	0	0	28
Plafonnier	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
cassette	0	1	4	1	4	1	0	0	0	11
R + 1										56
Mural	1	4	18	9	1	1	0	0	0	34
Plafonnier	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
cassette	0	0	6	2	7	5	0	0	0	20
R + 2										44
Mural	1	7	7	5	0	1	0	0	0	21
cassette	0	0	0	11	6	3	0	4		24
R + 3										37
Mural	0	3	20	0	3	0	0	0	0	26
cassette	0	0	0	2	3	6	0	0	0	11
TOTAL	5	20	67	36	28	21	0	4	0	181

Tableau 3 : Choix du type et du nombre d'unités intérieures par niveau

La répartition par type des 181 unités intérieures à installer se présente :

- Cent neuf (109) seront installés type mural
- Trois (03) de type plafonnier et,
- Soixante neuf (69) de type cassette

III.3.2 Choix des unités extérieures

En système VRV, la définition des zones par conséquent du nombre d'unités extérieures, à installer, est fortement liée :

- au bilan thermique.
- à la longueur totale des liaisons frigorifiques
- au nombre d'unités à raccorder,
- au mode de raccordement des unités intérieures,

Plus particulièrement, dans cette étude où il s'agit d'une rénovation, nous avons tenu compte de la position des gaines techniques disponibles dans le bâtiment.

Des mesures et constats effectués sur site puis des plans du bâtiment CEAO, nous avons défini, six (06) grandes zones de climatisation (Zone N°1 à Zone N°6).

Le choix des unités extérieures appropriées aux différentes zones est lié au cumul des indices des unités intérieures de la zone concernée. Dans le calcul des cumuls, il est affecté aux unités intérieures de 3,6 kW et 7,1 kW, respectivement les indices 31,5 et 62,5 au lieu de 32 et 63.

Selon le Fabricant DAIKIN, dans le système VRV, la longueur maximale de liaisons frigorifiques entre l'unité extérieure et l'unité intérieure la plus éloignée est portée à **165 m**. La longueur maximale cumulée des liaisons frigorifiques ne doit pas dépasser **1 000m**

- Si l'unité extérieure est installée au-dessus de l'unité intérieure, la dénivellation standard est de 50 mètres. Elle peut toutefois atteindre 90 mètres.
- Si l'unité extérieure est installée en-dessous de l'unité intérieure, la dénivellation standard est de 40 mètres.

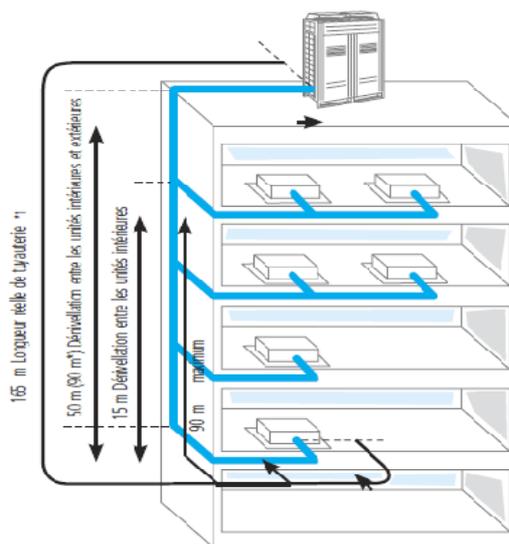


Figure 2 : Mode de raccordement des liaisons frigorifiques [3]

III.3.2 Choix de l'unité extérieure de la CTA

La CTA actuelle doit être conservée. L'air neuf, au cours de son traitement, est refroidi au niveau de la CTA avant d'être pulsé dans les bureaux. Dans le cadre de cette étude, il est donc nécessaire de dimensionner le système de refroidissement de l'air de la CTA.

Hypothèses pour la détermination du système de refroidissement de la CTA

	Air Neuf	Air soufflé
Température (°C)	39	24
Humidité Relative (%)	40	50
Enthalpie (kJ/kg)	84	48
Débit d'air volumique (m ³ /h)	10000	10000
Masse volumique de l'air (kg/m ³) à 25°C	1,184	1,184
Débit d'air massique (kg/s)	3,29	3,29

Tableau 4 : Paramètres de détermination du système de refroidissement de la CTA

P_{CTA} : Puissance frigorifique pour la CTA

\dot{m}_{air} : Débit massique d'air de la CTA

Δh : Variation d'enthalpies de l'air de la CTA

$$P_{CTA} = \dot{m}_{air} \times \Delta h$$

$$P_{CTA} = \dot{m}_{air} \times (h_{AN} - h_{AS}) \quad P_{CTA} = 3,29 \times (84 - 48)$$

$$P_{CTA} = 118,44 \text{ kW}$$

L'unité pour le refroidissement choisie présente les caractéristiques suivantes :

Choix d'Unité Extérieure : UE7C	
Références	RXYQ44P7W1BA
Nombre de compresseurs	8
Puissance Frigorifique (kW)	120
COP	3,16
Puissance électrique (kW)	38

Tableau 5 : Caractéristiques de l'unité extérieure de la CTA

Elle sera à détente directe au niveau de la CTA.

❖ **Définition de la zone N°1**

La Zone N°1 concerne des bureaux situés à deux niveaux. Il s'agit des bureaux qui se trouvent au Sous sol et des bureaux situés du côté SUD au RDC (Cf Fichier Plan). Au total, 30 unités intérieures seront installées sur une surface totale de 646,30 m². La puissance frigorifique totale calculée est de 125,45 kW (Cf Tableau N°6).

Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
Nombre	Puissance Totale (kW)			
30	125,45	646,3	Sous Sol et RDC	440

Tableau 6 : Caractéristiques de la Zone N°1

Le détail des bureaux de la Zone N°1 se présente comme suit :

	Désignation	Autocommutateur	Archives	commissaire Développement social et culturel	Sec part du développement social	Secrétariat DDS étude BAD	Bureau Directeur Santé	Direction de la promotion des femmes	Directeur enseignant et formation prof.	Secrétariat DATC
Salles/bureau	Longueur de la salle en m	6,9	14,3	7,3	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	largeur de la salle en m	4,8	4,8	4,8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	hauteur de la salle en m			3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	33,3	68,4	34,8	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2
	volume en m ³	103,3	212,0	107,9	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2
Portes	Hauteur de la porte en m			2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,9	1,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	1,9	2,9	6,7	3,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m			1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m			0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la fenêtre en m ²	100,5	421,1	4,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés			18,3	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	Vitrage ensoleillés			4,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	Surfaces des murs simples ensoleillés									
	Surface donnant aux bureaux non climatisés			32,3	9,2	9,2	9,2	9,2	24,4	24,4
	Puissance Frigorifique (kW)	7,00	13,09	5,70	3,54	3,54	3,54	3,54	3,92	3,92
	Choix des unités intérieures (kW)	7,1	2x7,1	5,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,5	4,5
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	Type	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXFQ63	FXFQ63	FXAQ50	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ40	FXAQ40
	Indice	62,5	125	50	31,5	31,5	31,5	31,5	40	40
	Localisation	SS	SS	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø5/8-Ø3/8	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 7 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1

	Désignation	Chargé Aménagement du Territoire	DATC et IT	Dir cab Amén et Terr	sec Dir Cab Am Terr	Dir charg de Transport	Dir des TAT	DTTI	Dépt Aména et Terr Transpt et Tourism	Sécr Dépt Am Terr Trspt et Touris	Dir de Dépt Am Terr Traspt et Tourism
Salles/bureau	Longueur de la salle en m	4,9	4,9	7,1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,8	4,8	7,0
	largeur de la salle en m	3,5	3,5	4,8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6,0
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	17,2	17,2	34,1	16,9	17,2	17,2	17,2	16,8	16,6	42,0
	volume en m ³	53,2	53,2	105,6	52,4	53,2	53,2	53,2	52,1	51,3	130,2
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	3,4	1,7	1,7	1,7	1,7	6,7	3,8	3,4
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0
	largeur de la fenêtre en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,5	1,5	1,3
	Surface de la fenêtre en m ²	2,1	2,1	4,2	2,1	2,1	2,1	2,1	1,5	4,1	3,9
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,8	8,8	17,9	8,6	8,8	8,8	8,8			14,7
	Vitrage ensoleillés	2,1	2,1	4,2	2,1	2,1	2,1	2,1			3,9
	Surfaces des murs simples ensoleillés				15,2						
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	9,2	9,2	18,7	9,0	24,4	9,2	24,4	22,4	34,5	30,6
	Puissance Frigorifique (kW)	3,44	3,44	5,38	3,68	4,10	3,65	4,10	3,39	3,50	6,91
	Choix des unités intérieures (kW)	3,6	3,6	5,6	3,6	4,5	4,5	4,5	3,6	3,6	7,1
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Mural	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Cassette
	Références	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ50	FXAQ32	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ63
	Indice	31,5	31,5	50	31,5	40	40	40	31,5	31,5	62,5
	Localisation	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8

Tableau 8 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1 (Suite)

	Désignation	Dir de cabinet Dev social	Salle réunion	Chargé d'affaire Cult 1	Chargé d'affaire Cult 2	Chargé Quest d'éduca	Bureau DDS coord	Bureau DDS Secrétariat Compta	DATC	Bureau Centre OMC	Bureau Sécurité
Salles/bureau	Longueur de la salle en m	6,8	4,8	4,8	4,8	4,8	5,3	5,3	5,3	5,3	6,3
	largeur de la salle en m	4,8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	32,6	16,6	16,8	16,8	16,8	18,5	18,5	18,5	18,5	21,3
	volume en m ³	101,2	51,3	52,1	52,1	52,1	57,3	57,3	57,3	57,3	65,9
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,4	1,4	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	1,7
	Surface de la porte en m ²	2,9	2,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	3,6
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1
	largeur de la fenêtre en m	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la fenêtre en m ²	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	6,0	6,0	6,0	6,0	18,5
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés										
	Vitrage ensoleillés										
	Surfaces des murs simples ensoleillés										37,8
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	52,5	31,7								200,0
	Puissance Frigorifique (kW)	5,67	3,7766	2,76	2,76	2,76	3,61	3,41	3,41	3,61	4,33
	Choix des unités intérieures (kW)	5,6	4,5	2,8	2,8	2,8	3,6	3,6	3,6	3,6	4,5
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Cassette	Cassette	Mural
	Références	FXAQ50	FXFQ40	FXAQ25	FXAQ25	FXAQ25	FXFQ32	FXFQ32	FXFQ32	FXFQ32	FXAQ40
	Indice	50	40	25	25	25	31,5	31,5	31,5	31,5	40
	Localisation	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 9 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°1 (Suite)

L'unité extérieure de la Zone N°1 choisie sera numérotée **UE1C** (Unité Extérieure N°1 CEAO). Elle présente les caractéristiques suivantes :

Choix d'Unité Extérieure : UE1C	
Indice calculé	1133
Indice normalisé	1170
Références	RXYQ36P7W1BA
Nombre maxi d'unités intérieures connectables	58
Nombre d'unités extérieures associées	2
Nombre de compresseurs	6
Puissance Frigorifique (kW)	98
COP	3,02

Tableau 10 : Unité extérieure de la Zone N°1 [3]

➤ **Zone N°2 à N°6**

Le tableau N° 11 présente les caractéristiques des zones N°2 à N°6.

	Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
	Nombre	Puissance Totale (kW)			
Zone N°2	30	113,95	600,30	RDC et R+1	
Zone N°3	26	98,55	518,5	R+1	
Zone N°4	24	97,43	505,91	R+2	
Zone N°5	33	170,27	1020,63	R+1 et R+2	
Zone N°6	37	150,27	829,58	R+3	

Tableau 11 : Caractéristiques des Zones N°2 à N°6

Les unités extérieures choisies pour les zones N°2 à N°6 sont résumées dans le tableau N°12

Unité Extérieure :	Zone N°2 UE2C	Zone N°3 UE3C	Zone N°4 UE4C	Zone N°5 UE5C	Zone N°6 UE6C
Indice calculé	1121	977	944	1619	1473
Indice normalisé	1170	1040	975	1625	1495
Références	RXYQ36P7W1BA	RXYQ30P7W1BA	RXYQ30P7W1BA	RXYQ50P7W1BA	RXYQ46P7W1BA
Nbre maxi d'unités intér. connectables	58	52	49	64	64
Nombre d'unités extérieures associées	2	2	2	3	3
Nbre de compresseurs	6	6	5	9	8
Puiss. frigorif. (kW)	98	89	82,5	138	126
COP	3,02	3,11	3,2	3,08	3,17

Tableau 12 : Unités extérieures des Zones N°2 à N° 6 [3]

Les détails des caractéristiques des différentes unités intérieures de ces zones sont en annexe.

III.3.3 Détermination des sections des liaisons frigorifiques (Tuyauterie)

Pour les installations VRV, il existe des liaisons frigorifiques principales auxquelles viennent se raccorder les liaisons frigorifiques secondaires (liaisons frigorifiques des unités intérieures). La jonction des deux liaisons est faite à l'aide des raccords spéciaux appelés « Raccords REFNET », développés par la Fabricant DAIKIN. Ce système a été conçu pour simplifier l'installation de la climatisation.

Les raccords et collecteurs REFNET (Tous deux accessoires) contribuent à réduire le temps d'installation et à accroître la fiabilité du système.

En comparaison avec les raccords en "T" ordinaires, avec lesquels la distribution du réfrigérant est loin d'être optimale, les raccords REFNET ont été conçus pour optimiser le débit de réfrigérant. Ils réduisent les pertes de charge.

La détermination des sections des liaisons frigorifiques (côté gaz ou liquide) est basée sur la notion de détermination d'indice chez DAIKIN.

III.3.3.1 Détermination des sections des liaisons frigorifiques des unités extérieures

En fonction du type et de la capacité de l'unité extérieure à installer, la détermination des sections des liaisons frigorifiques est résumée dans le tableau N°13.

Type d'unité extérieure	Tuyauterie côté gaz	Tuyauterie côté liquide
RXYQ5	5/8"	3/8"
RXYQ8	3/4"	3/8"
RXYQ10	7/8"	3/8"
RXYQ12-16	1"1/8"	1/2"
RXYQ18-22	1"1/8"	5/8"
RXYQ24	1"3/8"	5/8"
RXYQ26-34	1"3/8"	3/4"
RXYQ36-48	1"5/8"	3/4"

Tableau 13 : Détermination des sections des tuyauteries des unités extérieures [4]

Dans la présente étude, les sections des liaisons frigorifiques déterminées et utilisées sont de : 3/4", 1"3/8 et 1"5/8 à la sortie des différentes unités extérieures. Le tableau N°17 donne les longueurs des différentes sections utilisées.

III.3.3.2 Détermination des sections des tuyauteries principales

La détermination des sections des tuyauteries principales se fait en fonction de la capacité totale des unités intérieures raccordées. Le tableau N°14 illustre la détermination des différentes sections des liaisons frigorifiques principales en fonction des indices cumulés selon la technologie DAIKIN.

Indice cumulé	Tuyauterie côté gaz	Tuyauterie côté liquide
< 200	5/8"	3/8"
200 ≤ x < 290	7/8"	3/8"
290 ≤ x < 420	1"1/8"	1/2"

$420 \leq x < 640$	1"1/8	5/8"
$640 \leq x < 920$	1"3/8	3/4"
> 920	1"5/8	3/4"

Tableau 14 : Détermination des sections des tuyauteries principales [4]

Toutes ces catégories de section ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Les longueurs de ses différentes sections sont résumées au tableau N°17.

III.3.3. 3 Détermination des sections des tuyauteries secondaires

La détermination de la section des tuyauteries (côté gaz ou liquide) des unités intérieures est fortement liée à l'indice appropriée de cette unité. Ainsi donc, le tableau N° ... illustre les différentes sections en fonction des indices des unités intérieures.

Indice de l'unité intérieure	Tuyauterie côté gaz	Tuyauterie côté liquide
20 - 50	1/2"	1/4"
63 - 125	5/8"	3/8"
200	3/4"	3/8"
250	7/8 "	3/8"

Tableau 15 : Détermination des sections des tuyauteries secondaires [4]

Les sections 1/4", 3/8", 1/2" et 5/8" sont celles déterminées pour le raccordement des différentes unités intérieures. Les longueurs correspondantes sont dans le tableau N°17.

III.3.3. 4 Détermination des raccords REFNET

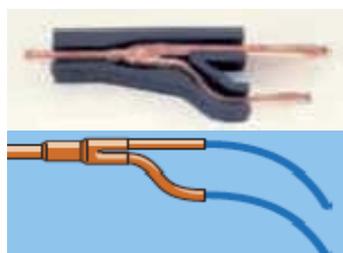


Photo 7 : Raccord REFNET

Les différents types de raccords REFNET sont déterminés en fonction des unités intérieures à alimenter. Autrement dit, le choix des raccords est basé sur le calcul de la somme des indices des unités intérieures à raccorder. Les différents types de raccords REFNET sont résumés dans le tableau suivant :

Indice cumulé	Type de raccords
< 200	KHRQ22M20T
$200 \leq x < 290$	KHRQ22M29T
$290 \leq x < 640$	KHRQ22M64T
> 640	KHRQ22M75T

Tableau 16 : Types de raccords REFNET [4]

L'option des raccords REFNET a été faite pour cette étude.

Ainsi, le nombre total des raccords déterminés se présente comme suit :

- Cinquante six (56) de type KHRQ22M20T
- Trente et un (31) de type KHRQ22M29T
- Soixante six (66) de type KHRQ22M64T
- Vingt deux (22) de type KHRQ22M75T

III.3.4 Fluide frigorigène utilisé

Le fluide frigorigène utilisé est le R-410A. L'utilisation du réfrigérant haut rendement R-410A permet au système VRV de fonctionner avec une charge plus faible, ce qui entraîne une réduction du diamètre de la tuyauterie de liquide et de gaz.

Le R-410A ne peut être utilisé qu'avec les équipements conçus spécifiquement en raison de ses pressions (refoulement + admission) de fonctionnement et de sa capacité de refroidissement beaucoup plus élevée. Sa pression de refoulement est nettement plus élevée que celle du R-22 (Cf Tableau N°17).

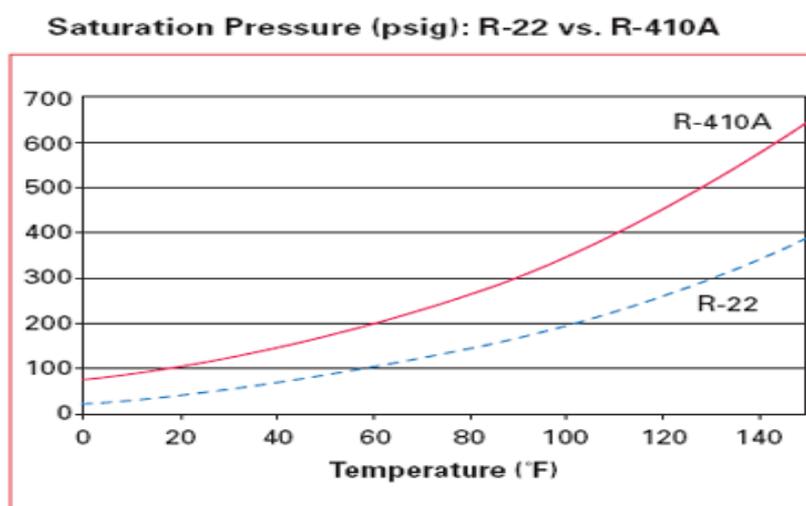


Tableau 17 : Tableau comparatif de la pression de saturation du R-22 et R-410A en fonction de la température [8]

III.4 Mise en œuvre des équipements

Il est prévu l'installation de l'unité extérieure de la zone N°1 sur la toiture du RDC, celle de la zone N°2, sur la toiture du R+1. L'unité extérieure de la zone N°5 sera posée sur la toiture du R+2. Les unités extérieures des zones N°3, N°4 et N°6 seront installées sur la toiture du R+3.

Le positionnement des différentes unités intérieurs et raccords REFNET choisis est spécifié sur le plan de la présente étude.

III.4.1 Equipements

Les équipements entrant en ligne de compte pour le système de climatisation VRV du siège de l'UEMOA concernent :

- Des unités intérieures,
- Des unités extérieures,
- Des raccords,
- Différentes liaisons (frigorigères, électriques et téléphoniques)

Pour la détermination des longueurs des liaisons frigorifiques, des mesures sur site ont été effectuées pour les différentes liaisons principales. Quant aux liaisons des unités intérieures, une moyenne de deux (02) mètres a été faite pour le raccordement de chaque unité.

En ce qui concerne la détermination de la longueur des liaisons téléphoniques, elle est prise égale au double de la longueur totale des liaisons frigorifiques.

L'ensemble de ces équipements peut être résumé comme suit :

Désignation	CTA	Zone N°1	Zone N°2	Zone N°3	Zone N°4	Zone N°5	Zone N°6	Total
Unités Extérieures								
	RXYQ44P7W 1B	RXYQ36P7 W1B	RXYQ36P7 W1B	RXYQ30P7 W1B	RXYQ30P7 W1B	RXYQ50P7 W1B	RXYQ46P7 W1B	7
Unités intérieures								
2,2 kW		0	4	0	0	1	0	5
2,8 kW		3	4	2	7	1	3	20
3,6 kW		13	11	12	5	6	20	67
4,5 kW		7	0	7	8	12	2	36
5,6 kW		3	8	4	2	5	6	28
7,1 kW		4	3	1	3	4	6	21
11,2 kW		0	0	0	0	4	0	4
Raccords REFNET								
KHRQ22M20T		12	15	7	6	8	8	56
KHRQ22M29T		6	5	5	6	5	4	31
KHRQ22M64T		8	7	12	11	17	11	66
KHRQ22M75T		3	2	1	1	2	13	22
Liaisons frigorifiques (m)								
1/4"		52	44	50	44	50	62	302,00
3/8"		8,00	6,00	2,00	6,00	16	12	50,00
1/2"		63,30	68,50	63,20	58,9	72,72	78,8	405,42
5/8"		126,70	81,10	38,40	37,4	96,01	69,8	449,41
3/4"		133,80	103,86	42,40	39	60,5	74,57	454,13
7/8"		15,90	26,26	11,80	14,6	18,5	14	101,06
1"1/8		26,20	28,50	30,00	29,9	68,43	43,2	226,23
1"3/8		8,10	1,50	11,00	8	0	16,2	44,80
1"5/8		6,00	5,00	0,00	0	7,7	12,97	31,67
Liaisons téléphoniques (m)								
Câble 4 paires		880,00	729,44	497,60	475,60	779,72	767,08	4129,44

Tableau 18 : Equipements nécessaires pour les installations VRV du bâtiment CEAO

III.4.2 Estimation du coût des travaux

La présente estimation ne prend pas en compte, le réseau aéraulique des bureaux, les unités terminales (Bouche de soufflage), ni des extracteurs d'air, la salle de conférence.

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire (Euro)	Montant (Euros)	
I						
I.1	Unités extérieures	RXYQ30P7W1B	U	2	24792,00	49584,00
I.2		RXYQ36P7W1B	U	2	30782,40	61564,80
		RXYQ44P7W1B		1	42944,00	42944,00
I.3		RXYQ46P7W1B	U	1	44312,00	44312,00
I.4		RXYQ50P7W1B	U	1	41320,00	41320,00
II						
II.1	Unités intérieures	2,2 kW	U	5	1004,80	5024,00
II.2		2,8 kW	U	20	1292,80	25856,00
II.3		3,6 kW	U	67	13360	89512,00
II.4		4,5 kW	U	36	1433,60	51609,60
II.5		5,6 kW	U	28	1481,60	41484,80
II.6		7,1 kW	U	21	1532,80	32188,80
II.7		11,2 kW	U	4	1635,2	6540,80
III						
III.1	Raccords REFNET	KHRQ22M20T	U	56	100,80	5644,80
III.2		KHRQ22M29T	U	31	100,80	3124,80
III.3		KHRQ22M64T	U	66	100,80	6652,80
III.4		KHRQ22M75T	U	22	120,00	2640,00
IV						
IV.1	Liaisons frigorifiques + Armaflex ép. 19mm	1/4"	ml	302	2,53	795,83
IV.2		3/8"	ml	50	4,30	214,80
IV.3		1/2"	ml	405,42	5,84	2367,65
IV.4		5/8"	ml	449,41	6,94	3117,11
IV.5		3/4"	ml	454,13	8,20	3723,87
IV.6		7/8"	ml	101,06	9,44	954,01
IV.7		1"1/8	ml	226,23	12,78	2891,40
IV.8		1"3/8	ml	44,8	17,06	764,18
IV.9		1"5/8	ml	31,67	21,33	675,46
V	Câble téléphonique 4 paires	ml	4129,44	0,64	1321,42	
VI	Câblage électriques	Ens.	1	2756,80	2756,80	
Sous Total HTVA (Euros)					529585,72	
Main d'œuvre (Euros)		Ens.	10%		52958,57	
TOTAL H TVA (Euros)					582544,30	
TOTAL H TVA (F CFA)		1Euro = 655,957			416 862 556,10	

Tableau 19 : Evaluation du coût d'installation du système VRV du bâtiment CEO

Le coût global de mise en œuvre du système de climatisation VRV du siège de la Commission de l'UEMOA est estimé à : **Quatre cent seize millions huit cent soixante deux mille cinq cent cinquante six (416 862 556) Francs CFA.**

NB :

- Les référentiels de prix utilisés, ont été obtenus auprès d'un Représentant agréé des installations du système VRV.
- Ce coût ne prend pas en compte ni les frais de dépose des installations existantes, ni les frais d'implantation de chantier, ni les frais de réhabilitation du réseau aéraulique, ni les frais de suivi et contrôle.

CHAPITRE IV : ANALYSE ENERGETIQUE

L'analyse énergétique effectuée dans cette étude concerne la consommation d'énergie électrique sous deux aspects :

1. Consommation électrique après installation du système VRV,
2. Consommation d'énergie électrique suite au recyclage d'air extrait d'une part et à la récupération d'énergie de l'air extrait d'autre part.

Hypothèses :

- Heure de fonctionnement : 8 h/j, 5 j/s et 52 s/an, donc **2080 h/an**
- Prix du kWh_{élec} = 105F/kWh [5]

IV.1 Situation énergétique après installation du système VRV

IV.1.1 Estimation de consommation électrique actuelle pour la climatisation

Les deux (02) groupes frigorifiques installés ont chacune une puissance frigorifique de 298 kW soit au total 596 kW. Avec un COP moyen de 2,5 ; la consommation électrique des groupes est égale à : $596 \text{ kW} / 2,5 = \mathbf{238,40 \text{ kW}}$

Le tableau N° 19 dresse le bilan de puissance des climatiseurs Splits installés soit en appoint ou en remplacement dans des bureaux, afin d'assurer le confort

Désignation	Marque	Puissance Frigorifique Unitaire (kW)	COP admissible	Puissance Electrique Unitaire (kW)	Qté	Puissance Electrique Totale (kW)
Climatiseur 18000 BTU/h	LG	5,25737	2,5	2,10	22	46,26
Climatiseur 12000 BTU/h	LG	3,51691	2,5	1,41	25	35,17
Climatiseur 12000 BTU/h	CHIGO	3,51691	2,5	1,41	1	1,41
Climatiseur	AIRWELL	7	2,5	2,80	2	5,60
Climatiseur	SHARP			1,50	10	15,00
Climatiseur	SHARP			3,40	17	57,80
Climatiseur	SHARP			1,28	6	7,68
Climatiseur	SHARP			2,40	10	24,00
Climatiseur	WESTPOINT			3,40	2	6,80
Climatiseur	ROTARY			1,22	1	1,22
Climatiseur	ROTARY			2,44	2	4,88
TOTAL					98	205,82

Tableau 20 : Bilan électrique des Split installés au bâtiment CEAO

La puissance électrique totale liée à la climatisation du bâtiment CEAO sera donc :

Puissance électrique des groupes frigorifiques : 238,40 kW

Puissance électrique des Split : 205,82 kW

Puissance électrique totale pour la climatisation actuelle = 444,22 kW

Frais de consommation électrique : $444,22 \times 2080 \times 105 = 97\,017\,648 \text{ F CFA}$

IV.1.2 Estimation de la consommation électrique du système VRV

Après installation du système de climatisation VRV, la consommation de l'énergie électrique liée à la climatisation se présentera comme suit :

N°	Désignation	Quantité	Puissance Unitaire (kW)	Puissance Totale (kW)	
I					
I.1	Unités extérieures	RXYQ30P7W1B	2	22,3	44,60
I.2		RXYQ36P7W1B	2	28,9	57,80
		RXYQ44P7W1B	1	38	38,00
I.3		RXYQ46P7W1B	1	39,8	39,80
I.4		RXYQ50P7W1B	1	44,8	44,80
II				0,00	
II.1	Unités intérieures	2,2 kW	5	0,064	0,32
II.2		2,8 kW	20	0,073	1,46
II.3		3,6 kW	67	0,084	5,63
II.4		4,5 kW	36	0,095	3,42
II.5		5,6 kW	28	0,104	2,91
II.6		7,1 kW	21	0,125	2,63
II.7		11,2 kW	4	0,242	0,97
TOTAL					242,33

Tableau 21 : Situation de la consommation électrique après installation du VRV

Puissance électrique de la climatisation VRV = 242,33 kW

Frais de consommation électrique : 242,33 x 2080 x 105 = 52 924 872 F CFA

IV.1.3 Détermination du Temps de Retour à l'Investissement (TRI)

	Système VRV	Système Eau Glacée
Installation (F CFA)	416 862 556	0
Fonctionnement (électricité) /an	52 924 872	97 017 648
Maintenance/an	8 000 000	14 000 000
TOTAL (F CFA)	477 787 428	111 017 648

Tableau 22 : Détermination du TRI après installation du système VRV

$$TRI = \frac{\text{Investissement}}{\text{Gain annuel}}$$

$$TRI = \frac{416\,862\,556}{(97\,017\,648 + 14\,000\,000) - (52\,924\,872 + 8\,000\,000)}$$

TRI = 8,32 ans

NB : Les frais de maintenance ont été obtenus auprès d'un spécialiste de VRV et de système à eau glacée.

IV.2 Situation énergétique après mélange et recyclage de l'air extrait des bureaux

L'air neuf, au cours de son traitement, est refroidi au niveau de la CTA avant d'être pulsé dans les bureaux. Actuellement, la CTA est de type tout air. Nous proposons dans un premier temps le recyclage de l'air, étant donné que le débit volumique de la CTA est supérieur à la demande. Dans un second temps, nous avons fait l'option du mélange de l'air extrait des bureaux avec l'air neuf (récupération d'énergie), du fait que cet air dit vicié n'est pas nocif à la santé humaine. Il peut être traité et pulsé dans les bureaux contrairement à l'air extrait des centres hospitaliers (Salle d'opération par exemple, laboratoires).

IV.2.1 Situation actuelle au niveau de la CTA

La centrale de traitement d'air (CTA) du système actuel est de type tout air neuf avec un débit d'air de **10 000 m³/h**.

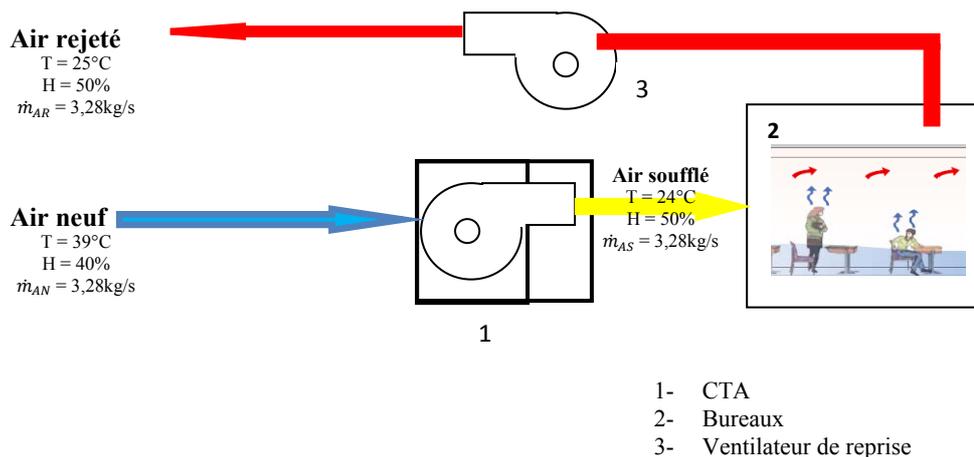


Figure 3 : Schéma du principe de fonctionnement actuel de la CTA

Les puissances nominales de l'unité extérieure choisie pour la CTA est de :

P_{fr} : Puissance frigorifique nominale : $P_{fr} = 120 \text{ kW}$, **COP : 3,16**

P_{el} : Puissance électrique consommée : $P_{el} = 38 \text{ kW}$

IV.2.1 Proposition

Deux propositions sont faites au niveau de la CTA qui alimente les bureaux :

- ✓ Recyclage d'une partie d'air extrait des bureaux
- ✓ Récupération d'énergie de l'air extrait avant son rejet dans l'atmosphère

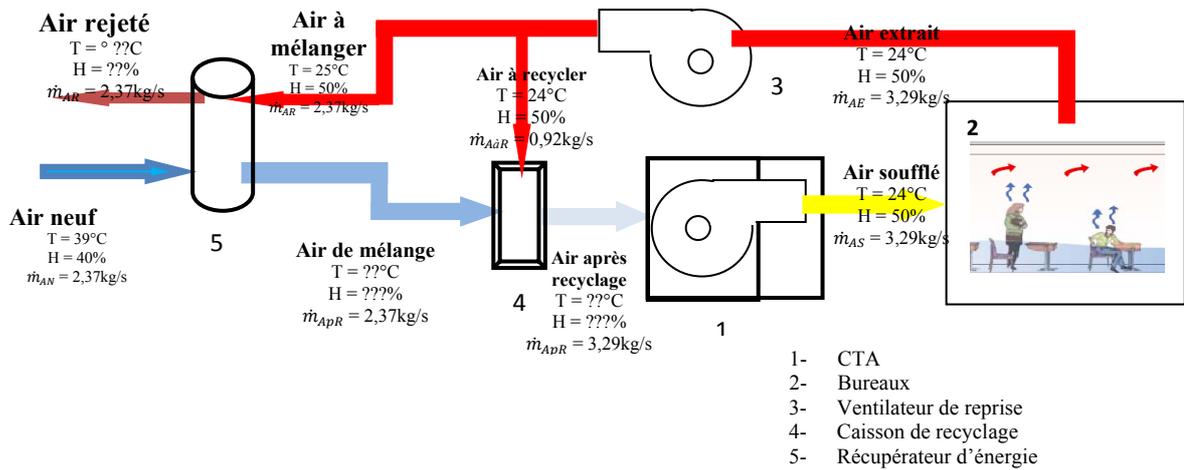


Figure 4 : Schéma du principe de fonctionnement de la CTA proposé

IV.2.1.1 Détermination du débit volumique d'air à recycler :

- Débit volumique d'air total de la CTA : **10 000 m³/h**
- Débit volumique d'air neuf hygiénique par occupant : 30 m³/h/pers [6]
- Nombre d'occupants estimés : 200 personnes
- Incertitude (pertes, fuites, fumeurs, etc.) : 20%
- **Débit volumique d'air nécessaire : 30 x 200 x 1,2 = 7 200 m³/h**

$$\dot{V}_{AaR} = 10\,000 - 7\,200$$

$$\dot{V}_{AaR} = 2\,800 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.2.1.2 Détermination du débit volumique d'air rejeté

Détermination du débit volumique d'air rejeté = Débit volumique d'air nécessaire

$$\dot{V}_{Rej} = 7\,200 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.2.1.3 Détermination des différentes températures et enthalpies de mélange

Les températures et enthalpie de mélange ont été déterminées sur la base de la moyenne pondérée de ces paramètres. Cette méthode a été choisie, faute de la maîtrise des données nécessaires surtout des composantes et caractéristiques des caissons de mélange ou des échangeurs.

$$t_m = \frac{\dot{m}_i \times t_i + \dot{m}_j \times t_j}{\dot{m}_i + \dot{m}_j}$$

$$h_m = \frac{\dot{m}_i \times h_i + \dot{m}_j \times h_j}{\dot{m}_i + \dot{m}_j}$$

t_m : Température de mélange en °C

t_i : Température de l'air en °C

\dot{m}_i : Débit massique d'air en kg/s

h_i : Enthalpie de l'air en kJ /kg

	Air Neuf	Air extrait	Air de mélange	Air à recycler	Air après recyclage	Air soufflé
Température (°C)	39	24	33	24	30,48	24
Humidité Relative (%)	40	50	???	50	???	50
Enthalpie (kJ/kg)	84	48	70	48	63,84	48
Débit volumique (m ³ /h)	7200	7200	7200	2800	10000	10000
Débit massique (kg/s)	2,37	2,37	2,37	0,92	3,29	3,29

Tableau 23 : Différents états de l'air pour la CTA

La nouvelle valeur de l'enthalpie à l'entrée de la CTA est : 68,16kJ/kg.

La nouvelle puissance frigorifique est donc :

$$P'_{CTA} = \dot{m}_{air} \times \Delta h'$$

$$P_{CTA} = \dot{m}_{air} \times (h'_{AN} - h_{AS}) \quad P_{CTA} = 3,29 \times (63,84 - 48)$$

$$P'_{CTA} = 52,11 \text{ kW}$$

La nouvelle unité choisie, tenant compte des propositions, pour le refroidissement pour la CTA présente donc les caractéristiques suivantes :

Choix d'Unité Extérieure : UE7C	
Références	RXYQ20P7W1BA
Nombre de compresseurs	4
Puissance Frigorifique (kW)	56
COP	3,78
Puissance électrique (kW)	14,81

Tableau 24 : Caractéristiques de la nouvelle unités extérieures de la CTA [3]

IV.2.1.3 Gain

L'économie à réaliser porte sur la diminution de la consommation d'énergie électrique liée au fonctionnement de la Centrale de Traitement d'Air.

$P_{él_A}$: Puissance électrique de la CTA du système actuel : $P_{él_A} = 38 \text{ kW}$

$P_{él_P}$: Puissance électrique de la CTA du système proposé : $P_{él_P} = 14,81 \text{ kW}$

$P_{éc}$: Economie de puissance électrique réalisable

$E_{él}$: Energie électrique économisable en kWh/an

$$P_{él} = P_{él_A} - P_{él_P}$$

$$P_{él} = 38 - 14,81$$

$$P_{él} = 23,19 \text{ kW}$$

$$E_{él} = P_{él} \times T_f$$

$$E_{él} = 18,8 \times 2080$$

$$E_{él} = 48\ 235,2 \text{ kWh/an}$$

Gain annuel estimé = 39 104 kWh/an x 105 F/kWh

$$\text{Gain} = 5\ 064\ 696 \text{ F CFA/an}$$

IV.2.1.4 Détermination du Temps de Retour à l'Investissement (TRI)

	Système VRV	Système Eau Glacée
Installation (F CFA)	416 862 556	0
Fonctionnement (électricité) /an	47 860 176	97 017 648
Maintenance/an	8 000 000	14 000 000
TOTAL (F CFA)	472 722 732	111 017 648

Tableau 25 : Détermination du nouveau TRI après application des mesures proposées

Estimation des caissons : 5 000 000 x 2 = 10 000 000 FCFA

$$\text{TRI} = \frac{\text{Investissement}}{\text{Gain annuel}}$$

$$\text{TRI} = \frac{416\,862\,556 + 10\,000\,000}{(97\,017\,648 + 14\,000\,000) - (47\,860\,176 + 8\,000\,000)}$$

$$\text{TRI} = 7,74 \text{ ans}$$

IV.3 Impact environnemental (Emission du CO₂)

Le présent impact environnemental consiste à l'évaluation de la quantité d'émission du CO₂ qui constitue un véritable gaz à effet de serre. La quantité de CO₂ émise pour la production d'un kiloWattheure (kWh) électrique, au Burkina Faso, est estimé à : **0,8kg de CO₂/kWh [7]**.

Les différentes quantités sont consignées dans le tableau N°25.

	Système Actuel	Système VRV	Système VRV avec récupération d'énergie
Energie électrique consommée (kWh/an)	923 977,6	504 046,4	455 811,2
Emission de CO ₂ (Tonnes/an)	739,18	403,24	364,65
Réduction d'émission de CO₂ (%)		45,45%	50,67%

Tableau 26 : Evaluation annuelle d'émission de CO₂

L'installation du système de climatisation VRV permettra de réduire à plus 45,45% ; l'émission actuelle de CO₂. De plus, ce taux de réduction croît lorsqu'on effectue le mélange et le recycle d'air extrait des bureaux.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans le but d'assurer le confort thermique des occupants et la protection de l'environnement, plus cent cinquante six (**156**) bureaux du bâtiment CEAO de la Commission de l'UEMOA ont fait l'objet d'une étude pour la climatisation en VRV. Au total, **cent quatre vingt et un (181)** unités intérieures sont prévues pour être installées. Pour leur fonctionnement, les unités intérieures ont été réparties en **six (06)** grandes zones (N°1 à N°6). Chacune de ses zones est alimentée par une seule unité extérieure. Le choix et le mode de pose de ces équipements ont été faits en tenant compte des nouvelles technologies.

Les travaux de fourniture et d'installation de ce système de climatisation ont été estimés, pour CEAO, à **Quatre cent seize millions huit cent soixante deux mille cinq cent cinquante six (416 862 556) Francs CFA HTVA** avec un TRI de **8,32 ans**.

L'installation du système de climatisation VRV au siège de l'UEMOA va permettre de réduire considérablement la consommation énergétique. Elle permettra également de réduire à près de moitié (45,45%), l'émission actuelle de CO₂ liée à la consommation de l'énergie électrique.

L'analyse énergétique effectuée propose l'installation de caissons de mélange et de recyclage de l'air extrait des bureaux. Actuellement, l'air extrait des bureaux est directement rejeté dans l'atmosphère. Cette nouvelle proposition fera économiser à la Commission de l'UEMOA, plus de **5 064 696 Francs CFA chaque année** avec un **TRI de 7,74 ans**. Elle permettra également de réduire davantage l'émission de CO₂ (Gaz à effet de serre).

Néanmoins, quelques recommandations sont à formuler :

- La présente étude devra être complétée par une autre axée sur le réseau aéraulique d'extraction : Cette étude devra permettre d'identifier et d'évaluer les différents travaux à effectuer sur les unités terminales (Bouches de soufflage et de reprise d'air dans les bureaux) et les gaines de distribution,
- L'extraction d'air dans les toilettes doit être aussi prise en compte,
- La mise en œuvre de la proposition pour le mélange et le recyclage d'air extrait des bureaux. Elle fera économiser énormément à la Commission.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] <http://www.bbc.co.uk>
- [2] Yezouma COULIBALY. *Cours Audit Energétique*. Ouagadougou : Institut Internationale d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, UTER Génie Energétique et Industriel, 2009.
- [3] DAIKIN. *Catalogue 2010*.
- [4] DAIKIN. *Fiche de calcul technique*.
- [5] SONABEL. *Facturation électrique*.
- [6] Jean Francis SEMPORE. *Cours Technologie de Climatisation*. Ouagadougou : Institut Internationale d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, UTER Génie Energétique et Industriel, 2008, 52 pages
- [7] SONABEL.
- [8] <http://www2.dupont.com/Refrigerants/fr>

ANNEXES

Définition et caractéristiques de la ZONE N°2	Page 38
Définition et caractéristiques de la ZONE N°3	Page 42
Définition et caractéristiques de la ZONE N°4	Page 45
Définition et caractéristiques de la ZONE N°5	Page 48
Définition et caractéristiques de la ZONE N°6	Page 51
PROGRAMME DE CALCUL DU BILAN THERMIQUE	Page 55

ZONE N° 2

- Bureaux situés du côté EST au RDC et R+1
- Unité extérieure située sur la toiture du R+1

Nombre de bureaux à climatiser	Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
	Nombre	Puissance Totale (kW)			
25	30	113,95	600,3	RDC et R+1	364,72

Tableau 27 : Caractéristiques de la Zone N°2

Choix d'Unité Extérieure UE2C	
Indice calculé	1114
Indice normalisé	1170
Références	RXYQ36PA
Nbre maxi d'unités intérieures connectables	58
Nombre de compresseurs	7
Unité choisie	RXYQ36P7W1BA
Puissance Frigorifique Nominale (kW)	101
COP	3,49

Tableau 28 : Unité extérieure de la Zone N°2

	Désignation	Secrétaire	Bureau	Div de l'adm du personnel	Unité- Mission- voyage	Bureau coté Unité- Mission- voyage	DRH	Docteur Bureau du PNUD	Bureau coté bureau PNUD
Salles/bureau	Longueur de la salle en m	4,0	3,3	5,7	5,7	5,7	6,1	6,1	4,2
	largeur de la salle en m	3,0	2,5	3,4	3,4	3,4	5,6	4,7	2,6
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	12,0	8,3	19,4	19,4	19,4	29,5	28,7	10,9
	volume en m ³	37,2	25,6	60,1	60,1	60,1	91,3	88,9	33,9
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	1,3	1,4
	Surface de la porte en m ²	1,7	2,9	2,9	4,4	5,9	5,7	6,1	6,3
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3					1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,8					0,8	0,8	0,8
	Surface de la fenêtre en m ²	2,1					3,1	3,1	1,0
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	10,3					14,2	11,5	7,0
	Vitrage ensoleillés	2,1					3,1	3,1	1,0
	Surfaces des murs simples ensoleillés								
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	20,0					17,3	12,9	5,1
Autres	Puissance des luminaires	180,0		180,0	180,0		360,0	300,0	100,0
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	2,01	1,44	3,60	3,72	3,78	5,63	5,21	1,8786
	Choix des unités intérieures (kW)	2,2	2,2	3,6	3,6	3,6	5,6	5,6	2,2
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Plafonnier	Mural	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Mural
	Références	FXAQ20	FXDQ20	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ50	FXFQ50	FXAQ20
	Indice	20	20	31,5	31,5	31,5	50	50	20
	Localisation	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 29 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2

	Désignation	Pompiers	Auditeurs cours de justice	Secrétaire de juge	Sécr greffiers et Parquet	Greffier cours de justice + circulat.	Resp formation	Comptable	Comptable DRH
Salles/bureau	Longueur de la salle en m	4,7	4,2	4,2	4,2	7,0	5,5	3,5	4,2
	largeur de la salle en m	4,2	3,4	3,4	3,4	5,0	4,2	3,1	3,5
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	19,7	14,3	14,3	14,3	35,0	22,9	10,9	14,5
	volume en m ³	61,2	44,3	44,3	44,3	108,5	71,1	33,6	44,9
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	1,7	1,9	1,9	3,0	1,7	3,4
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	2,1	2,1	2,1	2,1	1,3	1,2	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la fenêtre en m ²	3,1	3,4	3,4	6,7	5,0	2,1	0,9	2,1
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	11,5	7,2	7,2	16,8	16,7	15,0	8,7	8,7
	Vitrage ensoleillés	3,1	3,4	3,4	6,7	5,0	2,1	0,9	2,1
	Surfaces des murs simples ensoleillés						12,9		
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	27,6	21,9	21,9	21,7	35,3	27,0	29,6	20,3
Autres	Puissance des luminaires	200,0	200,0	200,0	100,0	200,0	360,0	100,0	200,0
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	4,60	2,26	2,26	2,62	6,12	5,61	1,79	3,1211
	Choix des unités intérieures (kW)	5,6	2,8	2,8	2,8	7,1	5,6	2,2	3,6
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Cassette	Mural	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXFQ50	FXAQ25	FXFQ25	FXAQ25	FXAQ63	FXAQ50	FXAQ20	FXAQ32
	Indice	50	25	25	25	62,5	50	20	31,5
	Localisation	RDC	RDC	RDC	RDC	RDC	R+1	R+1	R+1
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 30 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2 (suite)

	Désignation	Bureau DAS	Secr DRH	Salle Delibération	Cours de Justice Salle d'audience	Président de la cours	Secr Part Président	salle réunion côté SPP	Salle de Documentation	Local serveur
Salles/bureau	Longeur de la salle e m	4,2	3,5	6,1	10,7	7,0	4,5	7,1		14,5
	largeur de la salle en m	3,4	3,1	3,4	7,0	4,5	3,6	5,7		3,8
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	14,2	10,9	20,9	74,9	31,5	16,0	39,8	43,8	55,1
	voulume en m ³	44,0	33,6	64,7	232,2	97,7	49,5	123,5	135,9	170,8
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,9	1,6	1,6	0,8	1,5	1,5	1,0
	Surface de la porte en m ²	3,4	3,4	3,8	5,0	4,8	3,4	3,2	4,8	2,1
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,8	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	5,4
	Surface de la fenêtre en m ²	2,1	2,3	2,1	6,2	6,2	2,1	4,2	3,1	7,0
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,5		8,5	26,9	29,4	8,9	17,7	18,9	37,9
	Vitrage ensoleillées	2,1		2,1	6,2	6,2	2,1	4,2	3,1	7,0
	Surfaces des murs simples ensoleillés									37,9
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	20,1	21,7	25,7	51,5	18,3	9,3	18,7	44,3	66,4
Autres	Puissance des luminaires	200,0	90,0	200,0	900,0	300,0	200,0	400,0	300,0	300,0
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	3,19	2,60	3,43	12,37	6,12	3,6876	7,07	10,08	9,75
	Choix des unités intérieures (kW)	3,6	2,8	3,6	4x3,6	7,1	3,6	7,1	2x5,6	2x5,6
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	4	1	1	1	2	2
	Mode de pose	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Cassette	Mural	Cassette	Cassette	Plafonnier
	Références	FXAQ32	FXAQ25	FXFQ32	FXFQ32	FXFQ63	FXAQ32	FXFQ63	FXFQ50	FXSQ50
	Indice	31,5	25	31,5	126	62,5	31,5	62,5	100	100
	Localisation	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø5/8-Ø3/8

Tableau 31 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°2 (suite)

ZONE N° 3

- Bureaux situés du côté SUD au R+1
- Unité extérieure située sur la toiture du R+3

Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
Nombre	Puissance Totale (kW)			
26	98,55	518,5	R+1	248,80

Tableau 32 : Caractéristiques de la Zone N°3

Choix d'Unité Extérieure UE3C	
Indice calculé	970,5
Indice normalisé	975
Références	RXYQ30PA
Nbre maxi d'unités intér. connectables	49
Nbre d'unités extérieures	2
Nbre de compresseurs	6
Unité choisie	RXYQ30P7W1BA
Puissa. Frigo. (kW)	84
COP	3,77

Tableau 33 : Unité extérieure de la Zone N°3

	Désignations	Dir de cabinet DPFDC	Secr DTFDC	Bureau de DMLCC C	Ast Dir DMLCC C	Commissaire DMLCC C	Salle Réunion	Dir Com Extérieure	Resp Manif Commi	Resp étude de Produit	Cadre A	Dactylos	Resp de l'unité de stat Comml	1 Juges
Salle/bureau	Longeur de la salle e m	6,2	4,8	4,8	4,8	7,0	6,3	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	largeur de la salle en m	4,8	3,5	3,5	3,5	4,8	4,9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	29,8	16,8	16,8	16,8	33,6	30,6	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2
	voulume en m ³	92,3	52,1	52,1	52,1	104,2	94,9	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2	53,2
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	1,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	6,3	5,0	3,4	3,4	5,0	2,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Surface de la fenêtre en m ²	3,1	2,1	2,1	2,1	2,1	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	16,1	8,8	8,8	8,8	8,5	15,9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	Vitrage ensoleillés	3,1	2,1	2,1	2,1	2,1	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Surfaces des murs simples ensoleillés												15,2	
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	29,9	9,2	9,2	9,2	43,8	31,6	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	24,4
Note de calcul	Puissance Frigorifique calculée (kW)	5,33	3,79	3,39	3,39	5,24	6,48	3,11	3,11	3,11	3,11	3,11	3,49	3,63
	Puissance unité intérieure choisie (kW)	5,6	4,5	3,6	3,6	5,6	7,1	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,5
	Nombre d'unités intérieures choisies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXFQ50	FXAQ40	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ50	FXFQ63	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ40
	Indice	50	40	31,5	31,5	50	62,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	40
	Localisation	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 34 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°3

	Désignations	2 Juges	3 Juges	1er Avocat Gén	Dir de l'Indus Art et Tourism	Secr DCDEMIAT	Dir de cabinet DCDEMIAT	AVOCAT GEN	Juges 4	Juges5	Bureau	Bureau DPRBE Coord	Bureau chargé Télécom - Attente	Bureau Dir. Coopérat
Salle/bureau	Longueur de la salle en m	4,9	4,9	4,9	6,4	4,9	6,0	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0
	largeur de la salle en m	3,5	3,5	3,5	4,9	3,5	4,9	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	4,9
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	17,2	17,2	17,2	31,4	17,2	29,4	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,9	24,5
	volume en m ³	53,2	53,2	53,2	97,2	53,2	91,1	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	52,4	76,0
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	1,7	1,7	3,4	5,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	3,4	6,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		1,2	3,0	2,2
	Surface de la fenêtre en m ²	2,3	2,3	2,3	4,7	2,3	3,5	1,2	2,3	2,3		1,2	5,4	2,2
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,5	8,5	8,5	15,2	8,5	15,1	9,4	8,2	8,2				15,2
	Vitrage ensoleillés	2,3	2,3	2,3	4,7	2,3	3,5	1,2	2,3	2,3				
	Surfaces des murs simples ensoleillés						15,2							
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	9,2	9,2	9,2	18,2	22,7	28,8	24,1	8,9	24,1	24,1	22,9	18,8	21,8
Note de calcul	Puissance Frigorifique calculée (kW)	3,63	3,63	3,63	4,80	3,77	5,03	3,42	3,15	3,55	2,86	2,89	3,46	4,39
	Puissance unité intérieure choisie (kW)	4,5	4,5	4,5	5,6	4,5	5,6	3,6	3,6	3,6	2,8	2,8	3,6	4,5
	Nombre d'unités intérieures choisies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Mural	Mural	Cassette	Mural	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Cassette
	Références	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ40	FXFQ50	FXAQ40	FXFQ50	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ25	FXAQ25	FXAQ32	FXFQ40
	Indice	40	40	40	50	40	50	31,5	31,5	31,5	25	25	31,5	40
	Localisation	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1
	Diamètre liaison frigo (" ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 35 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°3 (Suite)

ZONE N° 4

- Bureaux situés du côté SUD au R+2
- Unité extérieure située sur la toiture du R+3

Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
Nombre	Puissance Totale (kW)			
25	97,43	505,91	R+2	237,8

Tableau 36 : Caractéristiques de la Zone N°4

Choix d'Unité Extérieure	UE4C
Indice calculé	940
Indice normalisé	975
Références	RXYQ30PA
Nbre maxi d'unités intér. connectables	49
Nbre d'unités extérieures	2
Nbre de compresseurs	6
Unité Extérieure choisie	RXYQ30P7W1BA
Puissa. Frigo. (kW)	84
COP	3,77

Tableau 37 : Unité extérieure de la Zone N°4

	Désignations	Conseiller cours des comptes	Secr cours des comptes	Vérificateurs cours des comptes	secr Part Cours des comptes	Dir cours des comptes	Experts	PERU	chef Div Protocole des conférences	Secr Gén	Cadre A	Dactylos	Documents
Salle/bureau	Longueur de la salle en m	6,2	4,9	4,9	4,9	7,1	6,3	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	largeur de la salle en m	4,9	3,5	3,5	3,5	4,9	4,9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	30,3	17,1	17,1	17,1	34,6	30,6	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
	volume en m ³	93,8	52,9	52,9	52,9	107,1	94,9	52,9	52,9	52,9	52,9	52,9	52,9
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	5,7	3,4	1,7	3,4	5,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Surface de la fenêtre en m ²	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs enseleillés	15,7	8,5	8,5	8,5	8,2	15,9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	14,4
	Vitrage enseleillées	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Surfaces des murs simples enseleillés												15,1
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	29,9	9,2	9,2	9,2	44,3	32,9	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	5,32	2,82	2,69	2,76	6,79	5,77	4,07	4,07	4,07	4,07	4,07	2,57
	Choix des unités intérieures (kW)	5,6	2,8	2,8	2,8	7,1	5,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,8
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXFQ50	FXAQ25	FXAQ25	FXAQ25	FXFQ63	FXFQ50	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ40	FXAQ25
	Indice	50	25	25	25	62,5	50	40	40	40	40	40	25
	Localisation	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 38 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°4

	Désignations	CT Président de la commission	CT Président de la commission 2	Dir Adj Secr de Commissi on	Conseiller s Poltique commissi on 1	Conseiller s Poltique commissi on 2	Secr du Dir du secrétariat de la commission	Dir Sér de la commissi on	Chargé de la program mation et Stat + Unité de program	CT Prdt de la commissi on 1	CT Prdt de la commissi on 2	CT Prdt de la commissi on 3	Dir Communi cation et Archives
Salle/bureau	Longueur de la salle en m	4,9	4,9	4,9	4,9	5,3	4,9	6,0	7,0	4,9	4,9	4,9	6,9
	largeur de la salle en m	3,5	3,5	3,5	3,5	4,9	2,8	4,9	4,9	3,5	3,5	3,5	4,9
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	17,2	17,2	17,2	17,2	26,0	13,7	29,2	34,3	17,2	17,2	17,2	33,6
	volume en m ³	53,2	53,2	53,2	53,2	80,5	42,5	90,4	106,3	53,2	53,2	53,2	104,1
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,7	0,7	1,1
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	1,7	3,4	5,0	3,4	5,0	2,3	1,7	1,5	1,5	2,3
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0		1,0
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2		2,2
	Surface de la fenêtre en m ²	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	3,5	3,5	2,3	1,2		2,2
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,5	8,5	8,5	8,5	12,9	6,3	30,1	18,2	12,9			15,2
	Vitrage ensoleillées	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	3,5	3,5	2,3			
	Surfaces des murs simples ensoleillés							15,2					15,2
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	24,4	9,2	9,2	22,7	26,6	20,5	28,6	34,6	24,4	9,7	24,6	31,9
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	3,22	2,79	2,84	3,27	4,35	3,13	5,92	7,25	3,05	3,38	2,7816	6,35
	Choix des unités intérieures (kW)	3,6	2,8	2,8	3,6	4,5	3,6	7,1	2x4,5	3,6	3,6	2,8	7,1
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Mural	Mural	Mural	Cassette	Mural	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette
	Références	FXAQ32	FXAQ25	FXAQ25	FXAQ32	FXFQ40	FXAQ32	FXFQ63	FXFQ40	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ25	FXFQ63
	Indice	31,5	25	25	31,5	40	31,5	62,5	80	31,5	31,5	25	62,5
	Localisation	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2
	Diamètre liaison frigo ("/)	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 39 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°4 (Suite)

ZONE N° 5

- Bureaux situés du côté OUEST au R+1 et R+2
- Unité extérieure située sur la toiture du R+2

Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
Nombre	Puissance Totale (kW)			
33	170,27	1020,63	R+1 et R+2	389,86

Tableau 40 : Caractéristiques de la Zone N°4

Choix d'Unité Extérieure	UE5C
Indice calculé	1614
Indice normalisé	1625
Références	RXYQ50PA
Nbre maxi d'unités intér. connectables	64
Nbre d'unités extérieures	3
Nbre de compresseurs	9
Unité choisie	RXYQ50P7W1BA
Puissa. Frigo. (kW)	138
COP	3,08

Tableau 41 : Unité extérieure de la zone N°5

	Désignations	4 bureaux côté DPRBE	Service Chef courriers	Bureau Normal et Qualité	Standard + Archive	Bureau DDE	Bureau DETA/DEIA	Direction DDE	Secr Part DDE	Attente	Chef de buro + buro courriers	Dir Mines et Energies	Secr Mines et Erng
Salle/bureau	Longueur de la salle e m	7,0	5,3	5,3	14,0	4,7	4,3	7,1	6,1	4,4	6,9	6,1	4,3
	largeur de la salle en m	6,0	3,7	2,3	3,5	4,3	3,8	6,1	4,5	3,7	6,1	5,0	3,5
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	42,0	19,6	12,2	49,1	20,1	16,2	43,3	27,3	16,3	41,8	30,5	14,9
	volume en m ³	130,2	60,8	37,8	152,3	62,4	50,2	134,2	84,5	50,5	129,5	94,6	46,2
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,5	0,8	0,8	1,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	3,2	1,7	1,7	5,3	1,7	1,7	6,7	3,4	5,0	3,8	3,4	3,4
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,8	1,3	1,3	0,9
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	2,1	0,9	0,9	1,6
	Surface de la fenêtre en m ²	3,5	2,3	1,2	2,3	5,9	3,5	7,0	5,2	3,4	2,3	3,5	1,4
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	15,1	9,1	6,0	8,5			33,9	15,4		16,6	15,4	
	Vitrage ensoleillés	3,5	2,3	1,2	2,3			7,0	3,5		2,3	3,5	
	Surfaces des murs simples ensoleillés												
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	37,2	42,7	21,9	71,4	10,6	31,5	24,8	15,1	23,3	15,1	3,6	31,7
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	6,84	4,19	3,04	8,12	3,19	3,62	6,54	4,38	2,85	6,45	4,90	3,23
	Choix des unités intérieures (kW)	7,1	4,5	3,6	2x4,5	3,6	3,6	7,1	4,5	2,8	7,1	5,6	3,6
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette	Mural	Mural	Cassette	Mural	Cassette	Cassette	Mural
	Références	FXFQ63	FXAQ40	FXAQ32	FXAQ40	FXFQ32	FXAQ32	FXAQ63	FXFQ40	FXAQ25	FXFQ63	FXFQ50	FXAQ32
	Indice	62,5	40	31,5	80	31,5	31,5	62,5	40	25	62,5	50	31,5
	Localisation	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1	R+1
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 42 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°5

	Désignations	Salle d'Attente	Salle réunion	Secrétariat	Secrétaire cabiné du Pdt C.	Dir de Cabinet	Salle coté Directeur de Cabinet	Secr Gén coté Dir Cabinet	Salle Reunion coté Dir Cab	Bureau Face Directeur de Cabinet	Bureau Toilette coté salle réunion	Salle Info + salle réunion
Salle/bureau	Longueur de la salle e m	7,1	8,8	6,1	7,0	8,9	4,9	12,6	10,7	3,5	5,5	
	largeur de la salle en m	6,1	6,0	4,8	4,0	6,5	3,4	8,8	4,9	3,2	3,5	
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	43,0	52,6	29,3	27,6	57,4	16,8	110,1	52,2	11,2	19,3	268,0
	volume en m ³	133,3	163,0	90,8	85,5	178,0	52,0	341,2	161,7	34,7	59,7	831,0
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,5	1,7	1,7	1,4	0,8	0,8	1,3	1,7	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	3,2	5,5	5,3	4,6	3,4	3,4	6,9	5,0	1,7	5,0	17,2
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,5	1,5	1,3	1,5	1,3	1,5	1,3	1,3		1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,9	6,1	6,1	0,8	0,4	0,9	1,3	0,9	0,9		0,9
	Surface de la fenêtre en m ²	6,1	9,2	9,2	4,2	12,9	2,3	27,3	7,0	2,3		42,6
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	15,4			10,2		8,3	38,8	26,1	8,5		52,3
	Vitrage ensoleillés		18,6	18,9	2,1	3,9	2,3	27,3	7,0	2,3		10,5
	Surfaces des murs simples ensoleillés									8,5		
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	35,0	18,6	15,3	48,7	39,7	9,0	35,0	29,5	18,2	43,3	84,4
Note de calcul	Puissance Frigorifique (kW)	7,49903	8,11	5,95	5,89	9,7822	3,7663	17,8189	8,41	2,13182	3,02	40,53986
	Choix des unités intérieures (kW)	7,1	2x4,5	5,6	5,6	2x5,6	3,6	4x4,5	2x4,5	2,2	3,6	4x11,2
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	2	1	1	2	1	4	2	1	1	4
	Mode de pose	Mural	Cassette	Cassette	Cassette	Cassette	Mural	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Cassette
	Références	FXAQ63	FXFQ40	FXFQ50	FXFQ50	FXFQ50	FXAQ32	FXFQ40	FXFQ40	FXAQ20	FXAQ32	FXFQ100
	Indice	62,5	80	50	50	100	31,5	160	80	20	31,5	400
	Localisation	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2	R+2
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø5/8-Ø3/8	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Revoir	Ø5/8-Ø3/8	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Revoir

Tableau 43 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°5 (Suite)

ZONE N° 6

- Bureaux du R+3
- Unité extérieure située sur la toiture du R+3

Unités Intérieures		Surface totale (m ²)	Niveaux concernés	Longueur totale des liaisons frigorifiques (m)
Nombre	Puissance Totale (kW)			
37	150,27	829,58	R+3	383,54

Tableau 44 : Caractéristiques de la Zone N°6

Choix d'Unité Extérieure UE6C	
Indice calculé	1460
Indice normalisé	1495
Références	RXYQ46PA
Nbre maxi d'unités intér. connectables	64
Nbre d'unités extérieures	3
Nbre de compresseurs	9
Unité choisie	RXYQ46P7W1BA
Puissa. Frigo. (kW)	126
COP	3,17

Tableau 45 : Unités extérieure de la Zone N°6

	Désignations	Chargé de fin Publique	Chargé de surveillance Militat	Chargé de surveillance Militat	Secr Ast du commissaire	Bureau Commissaire	Conseiller à la cours des comptes	Vérificateur de comptes	Chargé des études analyses et éco	Chargé de question Fisc	Dir sureveill Multilat
Salle/bureau	Longeur de la salle e m	6,2	4,8	4,8	4,8	7,1	6,2	4,9	4,9	4,9	4,9
	largeur de la salle en m	4,9	3,5	3,5	3,5	4,8	4,8	3,5	3,5	3,5	3,5
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	30,4	16,8	16,8	16,8	34,0	29,8	17,2	17,2	17,2	17,2
	voulume en m ³	94,2	52,1	52,1	52,1	105,4	92,3	53,2	53,2	53,2	53,2
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	4,0	1,7	1,7	3,4	3,4	2,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Surface de la fenêtre en m ²	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	15,7	12,5	12,5	12,5	8,8	16,0	8,8	8,8	8,8	8,8
	Surface des Vitrages ensoleillées	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3	3,5	2,3	2,3	2,3	2,3
	Surfaces des murs simples ensoleillé										
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	30,2	9,2	9,2	9,2	35,1	31,4	9,2	9,2	9,2	9,2
Notes de Calcul	Puissance Frigorifique (kW)	5,24	3,38	3,38	3,65	5,61	4,96	2,76	3,02	3,02	3,02
	Choix des unités intérieures (kW)	5,6	3,6	3,6	3,6	5,6	5,6	2,8	3,6	3,6	3,6
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Cassette	Mural	Mural	Mural	Cassette	Cassette	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXFQ50	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ50	FXFQ50	FXAQ25	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32
	Indice	50	31,5	31,5	31,5	50	50	25	31,5	31,5	31,5
	Localisation	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3
Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 46 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6

	Désignations	Conseiller Techn	Chargé de la surveill Multilat	Chargé de la surveill Militaté	Chargé des études et de la stat écono	chargé de la fin pub et dettes	chargé des études et de la stat	Dir des finan publiques	Secr DEP	Dir de cabinet	Dir. étude et de la Statistique
Salle/bureau	Longueur de la salle e m	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	6,4	4,9	6,0	4,9
	largeur de la salle en m	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	4,9	3,5	4,9	3,4
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	17,2	17,2	16,7	16,7	16,7	16,7	31,4	17,2	29,2	16,7
	volume en m ³	53,2	53,2	51,6	51,6	51,6	51,6	97,2	53,2	90,4	51,6
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	3,4	5,0	1,7
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Surface de la fenêtre en m ²	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	4,7	2,3	3,5	1,2
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,8	23,7	8,8	8,8	8,8	8,8	15,5	8,8	15,7	10,0
	Surface des Vitrages ensoleillées	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	4,7	2,3	3,5	1,2
	Surfaces des murs simples ensoleillés									15,2	
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	9,2	9,2	24,1	8,9	8,9	8,9	13,5	22,7	28,6	24,1
Notes de Calcul	Puissance Frigorifique (kW)	3,02	3,02	3,41	2,98	2,98	2,98	4,72	3,65	5,20	2,98
	Choix des unités intérieures (kW)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	5,6	3,6	5,6	3,6
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mode de pose	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural	Mural
	Références	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ50	FXAQ32	FXAQ50	FXAQ32
	Indice	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	50	31,5	50	31,5
	Localisation	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3
	Diamètre liaison frigo ("/ ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 47 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6 (Suite)

	Désignations	Chargé d'étude de la stat	Chargé de la surveill Multilat	Protocole et Huisier	Chargé des études et de la statistiques	Bureau de DATC	Ingénieur Routier + Coord. PR2	Salle Réunion	Bureau Psdt Conseils des Ministres	Salle des conseilles des Minist. + Sallon
Salle/bureau	Longueur de la salle e m	4,9	4,9	4,9	4,9	7,1	7,1	8,8	6,1	
	largeur de la salle en m	3,5	3,5	3,5	3,5	6,1	4,9	6,1	5,3	
	hauteur de la salle en m	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Surface en m ²	17,2	17,2	17,2	17,2	43,1	34,5	53,3	32,2	189,5
	volume en m ³	53,2	53,2	53,2	53,2	133,5	107,1	165,2	99,8	587,4
Portes	Hauteur de la porte en m	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
	largeur de la porte en m	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,6	1,5	1,7	
	Surface de la porte en m ²	1,7	1,7	1,7	1,7	2,3	3,4	3,2	3,6	7,6
Fenêtres	Hauteur de la fenêtre en m	1,3	1,3	1,0	1,0	1,3	1,0	1,5	1,5	1,5
	largeur de la fenêtre en m	0,9	0,9	1,4	1,8	0,9	2,2	6,1	6,1	26,5
	Surface de la fenêtre en m ²	2,3	2,3	2,8	3,2	3,5	2,2	9,2	9,2	52,2
Surfaces d'échanges	Surface totale des murs ensoleillés	8,8	8,8			15,4	15,2	9,7	7,2	56,0
	Surface des Vitrages ensoleillés	2,3	2,3			3,5		9,2	9,2	52,2
	Surfaces des murs simples ensoleillés						15,2			
	Surface donnant aux bureaux non climatisés	9,2	24,4	17,2	32,0	38,5	31,5	9,7	28,6	38,8
Notes de Calcul	Puissance Frigorifique (kW)	3,08	3,36	3,00	2,92	7,46	5,75	8,97	5,61	37,13
	Choix des unités intérieures (kW)	3,6	3,6	3,6	3,6	2x3,6	2x2,8	2x4,5	5,6	6x7,1
	Nombre d'unités intérieures choisi	1	1	1	1	2	2	2	1	6
	Mode de pose	Mural	Mural	Mural	Mural	Cassette	Mural	Cassette	Mural	Cassette
	Références	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXAQ32	FXFQ32	FXAQ25	FXFQ40	FXAQ50	FXFQ63
	Indice	31,5	31,5	31,5	31,5	63	50	80	50	375
	Localisation	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3	R+3
	Diamètre liaison frigo (" / ")	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4	Ø1/2-Ø1/4

Tableau 48 : Définition et caractéristiques des unités intérieures de la Zone N°6 (Suite)

PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL

PUISSANCE FRIGORIFIQUE = 3809 W

I- Conditions climatiques

Extérieur

température °C
 HR %

Intérieur

température °C
 HR %

Heure de calcul

II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

1. Vitrages ensoleillés

$Q_{s1} =$ W
 %

1.1 Vitrage Nord

surface m²
 type de vitrage
 protection solaire

1.2 Vitrage Sud

surface m²
 type de vitrage
 protection solaire

1.3 Vitrage Est

surface m²
 type de vitrage
 protection solaire

1.4 Vitrage Ouest

surface m²
 type de vitrage
 protection solaire

1.5 Vitrage Nord-Est

surface m²

1.6 Vitrage Nord-Ouest

surface m²

type de vitrage
protection solaire

1.7 Vitrage Sud-Est

surface m²
type de vitrage
protection solaire

type de vitrage
protection solaire

1.8 Vitrage Sud-Ouest

surface
type de vitrage
protection solaire

2. Vitrages non ensoleillés

surface
type de vitrage

3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois)

3.1 parois Nord

surface mur
couleur mur
nature du mur

surface porte

3.2 parois Sud

surface mur
couleur mur
nature du mur

surface porte

Q_{s2}= W
 %

Q_{s3}= W
 %