Remontage mécanique et électrique du poste CTA au G8LEN

Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de bachelier Automatisation bachelier en Electromécanique Orientation Electromécanique et Maintenance

KHALILI WASSIM

3EM

Responsable en entreprise : **Geoffrey VAN HOEKE**

Promoteur EPHEC-Tech : **Geoffrey VAN HOEKE**

Année Académique 2025 – 2026

- ☐ 0. J'ai écrit l'intégralité de mon travail de fin d'études sans avoir recours à un outil d'IA générative.

PARTIE 1 | CORRECTION

- ☒ 1. J'ai sollicité un outil d'IA générative pour améliorer le texte de mon travail de fin d'études (orthographe, grammaire et syntaxe).

PARTIE 2 | TRADUCTION

- ☐ 2.1. J'ai sollicité un outil d'IA générative à des fins de traduction d'un texte que je n'ai pas inclus dans mon travail de fin d'études.
- ☐ 2.2. J'ai sollicité un outil d'IA générative à des fins de traduction d'un texte que j'ai inclus dans mon travail de fin d'études.

PARTIE 3 | PRODUCTION DE CONTENU

- ☒ 3.1. J'ai consulté un outil d'IA générative à la manière d'un moteur de recherche pour explorer, m'inspirer et identifier des références ou contenus pertinents.
- ☒ 3.2. J'ai élaboré du contenu que j'ai ensuite soumis à un outil d'IA générative qui m'a aidé à formuler et à développer mon texte sur base de ces idées.
- ☐ 3.3. J'ai fait générer du contenu par un outil d'IA générative que j'ai ensuite retravaillé et intégré à mon travail de fin d'études.
- ☐ 3.4. Une ou des parties de mon travail de fin d'études ont été intégralement produites au moyen d'un outil d'IA générative sans apport original de ma part.

Partie 4 | PROGRAMMATION

- ☐ 4.1. J'ai utilisé un outil d'IA générative pour m'aider à comprendre du code.
- ☐ 4.2. J'ai utilisé un outil de génération de code intégré en flux direct à ma programmation qui a facilité la rédaction du code repris dans ce travail de fin d'études.
- ☐ 4.3. J'ai utilisé un outil d'IA générative pour créer de la documentation de code.
- ☐ 4.4. J'ai élaboré du code que j'ai ensuite soumis à un outil d'IA générative qui m'a aidé à l'optimiser et à le nettoyer.
- ☐ 4.5. J'ai utilisé un outil d'IA générative pour générer du code sur base d'une commande et j'ai ensuite intégré ce code dans mon travail de fin d'études.

Summary

This project was created to take an existing air handler unit that has electrical wiring done for academic usage and update this wiring to current standards while still maintaining safety, understandability, and ease of maintenance.

The work completed consists of reorganizing the electrical control panel; rewiring both the main power supply and the control circuit; integrating into the control system all required actuators and sensors (fans, heater coil, dampers, pressure sensor and PT1000 temperature sensor); and thoroughly checking for continuity, insulation resistance and safety after all components had been installed. Start-up of fans is still to be confirmed; however, the fan unit has been put into a condition where it can be fully commissioned.

With completion of this project the electrical drawings schematic and the complete inventory of all components, in addition to training materials and documentation provided, will allow for future maintenance and education to continue supporting further usage of this air handling unit.

Avant-propos

Ce dernier projet a été très significatif dans mon parcours en électromécanique avec un accent sur la maintenance également.

Cela m'a aidé à utiliser les leçons apprises lors de ma formation à l'EPHEC dans un cours pratique, car j'ai participé à un projet technique qui reflétait de près les applications réelles. Le projet consistait principalement au démontage, au remontage et au câblage d'une installation existante.

J'ai donc travaillé à travers les schémas, à identifier toutes les différentes pièces électriques et à déterminer où je pouvais les connecter selon les codes à utiliser, tout en veillant au bon fonctionnement industriel.

Le travail pour ce projet nécessitait une grande précision et une procédure intense pour garantir que la construction fonctionnait correctement. Le dernier projet m'a permis de solidifier mes compétences en câblage électrique, identification de circuits, vérification de continuité, tests et inspections avant la remise sous tension.

Il m'a également aidé à être plus autonome, à planifier mon travail et à résoudre des problèmes techniques concernant l'ajustement et la réparation d'appareils. En dehors de l'aspect purement technique, le projet m'a fait réaliser l'importance de la préparation du travail, de l'enregistrement des dossiers et de la gestion du temps, qui sont quelques-unes des choses en maintenance électromécanique. Il m'a aidé à comprendre la réalité des exigences du métier en matière de fiabilité et de sécurité des installations électriques.

Par conséquent, ce projet final représente l'achèvement de ma formation à l'EPHEC et une solide préparation pour ma carrière professionnelle en électromécanique et en maintenance, me fournissant suffisamment d'expérience, de confiance et d'autonomie.

.

Remerciement

Ce travail de fin d'études vient clôturer un parcours riche en apprentissages et en expériences. Sa réalisation n'aurait pas été possible sans le soutien et l'accompagnement de plusieurs personnes qui ont contribué, chacune à leur manière, à la réussite de ce projet.

Je souhaite tout d'abord adresser mes sincères remerciements à M. Geoffrey Van Hoeke, mon promoteur et maître de stage, pour m'avoir accordé sa confiance et offert l'opportunité d'évoluer dans un cadre professionnel formateur. Son accompagnement, sa disponibilité et ses conseils tout au long du stage ont été déterminants. Son expertise dans le domaine du HVAC ainsi que son approche pédagogique m'ont permis d'aborder ce projet avec méthode et rigueur.

Je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants de l'EPHEC pour la qualité de la formation dispensée tout au long de mon cursus. Une mention particulière est adressée à l'équipe enseignante du FabLab, pour son soutien technique, ses conseils pratiques et sa disponibilité, qui ont grandement facilité la réalisation des différentes étapes de ce travail.

Pour terminer, je souhaite également remercier les personnes avec qui j'ai partagé mon parcours à l'EPHEC. Les échanges, l'entraide et le travail collectif durant la phase finale de ce projet ont été une source de motivation constante et ont largement contribué au bon déroulement de ce travail. Je les remercie sincèrement pour leur soutien.

Merci!

Table des matières

Summary *3*

Avant-propos *4*

Remerciement *5*

1. Introduction *10*

1.1. Présentation de l'entreprise **11**

1.2. Présentation du stage **12**

1.3. Présentation du projet **13**

1.4. Cahier des charges **15**

2. Rappels Théoriques (HVAC) *17*

2.1. Introduction à l'HVAC **17**

2.1.1. Domaines d'application 17

2.1.2. Étapes d'un projet HVAC 17

2.2. Composition et caractéristiques physiques de l'air **18**

2.2.1. Air sec et air humide 18

2.2.2. Humidité absolue et relative 19

2.2.3. Enthalpie et énergie de l'air humide/sec 20

2.2.4. Diagramme psychrométrique 22

2.3. Rôle et fonctionnement d'une Centrale de Traitement d'Air (CTA) **23**

2.3.1. Étapes principales du traitement de l'air 23

2.3.2. Principe général de fonctionnement 24

2.4. Composants principaux d'une CTA **25**

2.4.1. Organisation des modules 25

2.4.2. Fonctionnement global 26

2.5. Régulation et automatisation **26**

2.5.1. Principe général 26

2.6. Rendement énergétique **27**

2.6.1. Optimisation énergétique 27

3. Développement des sujets *28*

3.1. Analyse initiale et contexte du projet **28**

3.1.1 Situation de départ 29

3.1.2. Objectif général 30

3.1.3. Analyse du cahier des charges 31

3.2. Reconstruction mécanique de la CTA **32**

3.2.1. Remontage des compartiments 32

3.2.2. Vérification des isolations 34

3.2.3. Raccordement mécanique interne 34

3.3. Analyse et vérification du tableau électrique **35**

3.3.1. Inspections du câblage existant 35

3.3.2. Relevé du schéma d'origine 35

3.3.3. Mise en conformité 36

3.4. Recâblage complet de la CTA 38
3.4.1. Identification des équipements à câbler 38
3.4.2. Choix des câbles (conformément au CDC) 40
3.4.3. Cheminement des câbles 42
3.4.4. Câblage des capteurs et actionneurs 45

3.5. Tests, contrôles et validation 54
3.5.1. Tests de continuité et d'isolement 54
3.5.2. Vérification des sécurités 54
3.5.3. Test des ventilateurs 55
3.5.4. Validation du fonctionnement global 55

3.6. Documentation technique et pédagogique 57
3.6.1. Réalisation du cadastre complet 57
3.6.2. Création des schémas électriques 58
3.6.3. Mise en place d'une documentation pédagogique 59

3.7. Bilan et conformité au cahier des charges 60

4. Conclusion et perspectives 61

5. Bibliographie 62

Table des figures

Figure 1 Campus Galiléo (1) 11
Figure 2 Ancien Campus Schaerbeek (Isat) (1) 11
Figure 3 Plan du local 13
Figure 4 CTA de l'Ephec 14
Figure 5 CTA de l'Ephec 14
Figure 6 Tableau électrique de la CTA 14
Figure 7 Compartiments CTA 14
Figure 8 Utilisation de l' HVAC dans tout type de secteur (2) 17
Figure 9 Graphique sur la composition de l'air (1) 18
Figure 10 Pression partielle de l'air (1) 18
Figure 11 Diagramme Psychométrique (1) 22
Figure 12 principe de fonctionnement CTA (5) 23
Figure 13 module d'une cta (4) 24
Figure 14 Régulation d'une CTA (1) 26
Figure 15 cta pendant aménagement 29
Figure 16 CTA situation initial 29
Figure 17 tableau électrique situation initiale 29
Figure 18 cahier des charges 31
Figure 19 cahier des charges partie 2 31
Figure 20 CTA après enlèvement du tableau électrique 32
Figure 21 vérification et préparation du tableau électrique 32
Figure 22 mise en place du tableau électrique sur la CTA 32
Figure 23 démontage des goulottes étant présent 33
Figure 24 vue sur l'intérieur du tableau électrique après nouvelle repartions des borniers 36
Figure 25 code couleur à respecter dans le tableau électrique 36
Figure 26 schéma PID de la CTA 38
Figure 27 Cable LIHH 8x1.5 mm^2 40
Figure 28 Câble de type 4G 2,5 mm^2 41
Figure 29 Câble de section 1,5 mm^2 41
Figure 30 Schéma de câblage de la CTA 42
Figure 31 tube Polivolt en pvc 20mm 43
Figure 32 tube Polivolt en pvc 32mm 43
Figure 33 deuxième illustration de l'utilisation des tubes 43
Figure 34 illustration de l'utilisation des tubes 43
Figure 35 Attaches de type Quick 44
Figure 36 Tableau électrique câbler 45
Figure 37 Tableau électrique câbler fermer 45
Figure 38 Branchement de la puissance et la commande a l'interrupteur des ventilateurs 46
Figure 39 Branchement finale des ventilateurs 46
Figure 40 Troue réaliser pour le passage des câbles 47
Figure 41 Sortie des câbles de commande et de puissance 47
Figure 42 Câblage finale de la batterie chaude 47
Figure 43 Câblage en cours de la sonde de pression et pressostat 48
Figure 44 Câblage final de la sonde de pression 49
Figure 45 Mise en place de la sonde de pression 49
Figure 46 câblage final du pressostat 50

Figure 47 Découpeuse laser du Fablab 50
Figure 48 Apres découpe du support dans le plexiglas 50
Figure 49 Dimensionnement du support sur pc 50
Figure 50 Pressostat fixer 51
Figure 51 résultat après installation 51
Figure 52 Mise en place et adaptation de la boite de dérivation 52
Figure 53 Apres installation de la boite de dérivation 52
Figure 54 Résultat final de l'installation de la sonde de température 52
Figure 55 Boite de dérivation pour les servomoteurs 1 et 2 53
Figure 56 Boite de dérivation pour le servomoteur 3 et bypass 53
Figure 57 Passage câble reliant les deux boites de dérivation 53
Figure 58 Bypass 53
Figure 59 Cadastre 57

Table des équations

Equation 1 Expression de l'humidité absolue de l'air 19
Equation 2 : Expression de l'humidité relative H.R de l'air 19
Equation 3 Expression généralement admise pour la variation d'enthalpie en génie climatique 20
Equation 4 : Développement de l'enthalpie de l'air sec 20

1. Introduction

Dans le cadre de mon bachelier en électromécanique, orientation de maintenance, j'ai le plaisir de présenter mon travail de fin d'études, qui vient conclure mon parcours au sein de l'EPHEC TECH, anciennement ISAT.

Ce projet m'a permis de mettre en pratique l'ensemble des compétences acquises durant ces trois années de formation, à travers une approche à la fois technique, méthodique et orientée vers la maintenance et l'automatisation.

Mon travail porte sur le remontage complet et le recâblage d'une **centrale de traitement d'air** (CTA) pédagogique installée au sein de l'EPHEC.
Ce projet s'inscrit dans la continuité du développement du laboratoire HVAC de l'école, et vise à remettre en service une installation existante afin qu'elle puisse servir de banc d'apprentissage concret pour les étudiants en bachelier.

La mission englobe à la fois la reconstruction mécanique des compartiments, la vérification du tableau électrique, le recâblage complet des capteurs et actionneurs.

L'objectif final est de permettre la mise en service complète de la CTA afin d'illustrer les principes de régulation, de commande et de supervision HVAC, tout en assurant la conformité électrique et la sécurité de fonctionnement.

Ce rapport est structuré en quatre grands chapitres :

- Introduction, présentant le contexte général et les objectifs du projet ;
- Rappels théoriques, détaillant les notions HVAC nécessaires à la compréhension du fonctionnement d'une CTA
- Développement du sujet, où sont détaillées les différentes étapes techniques : analyse initiale, remontage mécanique, recâblage, tests, validation et documentation pédagogique
- Conclusion et perspectives, proposant une analyse critique du travail accompli, les résultats obtenus et les pistes d'amélioration futures.

Ce travail m'a offert une expérience riche et formatrice, me permettant d'approfondir mes compétences en électricité industrielle, en régulation HVAC et en instrumentation.

J'espère que cette remise en service contribuera à enrichir les séances pratiques des futurs étudiants et à renforcer le caractère didactique du laboratoire de l'EPHEC TECH.

1.1. Présentation de l'entreprise

L'EPHEC TECH, anciennement ISAT (Institut Supérieur des Arts et Techniques), fait partie du groupe EPHEC, un établissement d'enseignement supérieur reconnu en Fédération Wallonie-Bruxelles.

L'EPHEC forme chaque année plusieurs centaines d'étudiants dans des filières à orientation économique et technique.
La section EPHEC TECH regroupe les formations techniques, notamment les bacheliers en Électromécanique, Automatisation, Électronique, Informatique industrielle et Technologies de l'énergie.

Figure 2 Ancien Campus Schaerbeek (Isat) (1)

Figure 1 Campus Galiléo (1)

L'école se distingue par sa pédagogie axée sur la pratique et par la mise en situation réelle des étudiants à travers des projets concrets, des laboratoires modernes et des partenariats avec le monde industriel.

Les cours y combinent théorie, travaux pratiques et gestion de projet, favorisant le développement d'un profil polyvalent capable d'intégrer rapidement le marché du travail.

Le bachelier en électromécanique s'articule autour de trois grands axes de compétences :

- La mécanique appliquée (machines tournantes, résistance des matériaux, cinématique).
- L'électricité et l'automatisation (électrotechnique, variateurs, asservissements, automates programmables).
- La gestion technique et énergétique (maintenance, planification, sécurité, efficacité énergétique).

L'EPHEC TECH dispose de plusieurs laboratoires spécialisés, parmi lesquels :

- Le laboratoire d'automatisation et de régulation (automates, HMI, variateurs, capteurs).
- Le laboratoire énergétique et HVAC, dédié à l'étude du traitement de l'air, de la climatisation, des pompes à chaleur et des systèmes de régulation.
- Le laboratoire d'électricité industrielle (câblage, tableaux, installations triphasées).
- Et l'atelier mécanique et maintenance.

Ces infrastructures permettent aux étudiants d'expérimenter, de concevoir et de maintenir des systèmes électromécaniques réels, proches des environnements industriels.

Elles jouent un rôle essentiel dans la formation de profils techniques complets, capables d'allier compréhension théorique et maîtrise pratique.

1.2. Présentation du stage

Mon stage s'étend sur une période de quinze semaines, du 15 septembre 2025 au 2 janvier 2026, et se déroule principalement au sein des locaux de l'EPHEC TECH, du lundi au vendredi, avec des horaires variables selon les besoins et les disponibilités liées aux activités du projet.

Ce stage me permet de conclure ma formation en électromécanique et de mettre en pratique l'ensemble des compétences acquises au cours de ces trois années.
Il est directement lié à mon travail de fin d'études, qui consiste à remonter et recâbler une Centrale de Traitement d'Air (CTA) pédagogique utilisée dans les cours et travaux pratiques de la section HVAC.

Lors du déménagement de l'école vers les nouveaux locaux techniques, cette CTA a été désassemblée et entièrement débranchée, rendant l'installation inopérante.
L'objectif de mon projet est de remettre cette CTA en service, en assurant le remontage des compartiments, la reconnexion des capteurs, actionneurs et servomoteurs, ainsi que la vérification complète du câblage électrique et de la régulation.

Mon stage se déroule principalement à l'EPHEC, je reste en contact régulier avec mon promoteur, M. Geoffrey Van Hoeke, afin d'assurer un suivi continu et d'obtenir des conseils techniques à chaque étape du projet.
Ces échanges sont essentiels pour valider les choix techniques et garantir la cohérence entre le travail académique et les exigences pratiques du projet.

Ce stage constitue une expérience formatrice et complète, mêlant pratique de terrain, rigueur technique et autonomie.

Il représente pour moi une occasion unique d'appliquer mes connaissances en électricité, régulation et automatisation HVAC, tout en participant activement à la valorisation du matériel d'enseignement de l'EPHEC TECH.

1.3. Présentation du projet

Le travail de fin d'études que je réalise s'inscrit dans la formation en électromécanique à l'EPHEC TECH.
Ce projet est mené au sein même de l'établissement, plus précisément dans le laboratoire HVAC G8LEN, récemment relocalisé dans de nouveaux locaux techniques.

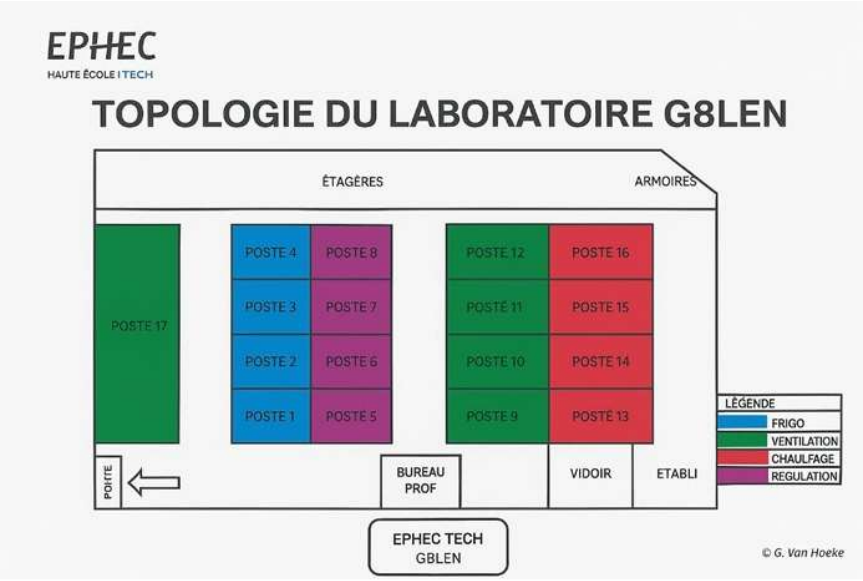


Figure 3 Plan du local

À la suite du déménagement des installations de l'ancien bâtiment vers le nouveau site, plusieurs équipements pédagogiques ont été désassemblés et déconnectés afin d'être déplacés plus facilement.

Parmi ceux-ci se trouve une centrale de traitement d'air (CTA) pédagogique, utilisée comme support pour les cours de ventilation, de régulation et d'automatisation. Durant ce transfert, la CTA a été totalement débranchée de son tableau électrique, et la plupart des liaisons de commande et de puissance ont été retirées, rendant l'installation inopérante.

L'objectif de mon projet est de remonter et de remettre en service cette CTA en assurant sa reconstruction mécanique et son recâblage électrique complet.

Les principales étapes consistent à :

- Réassembler les compartiments mécaniques (ventilateurs, registres, batteries, filtres) selon leur configuration d'origine.
- Vérifier la conformité du câblage et recréer les liaisons nécessaires entre le tableau électrique et les différents capteurs et actionneurs.
- Installer et raccorder les sondes de mesure (température, pression) et les servomoteurs de registres.
- Réaliser les tests de continuité et de fonctionnement, afin d'assurer la fiabilité du système avant sa mise en service finale.

Ce projet présente un intérêt à la fois technique et pédagogique : il permet d'appliquer les compétences acquises en électricité industrielle, en régulation HVAC et en instrumentation, tout en contribuant à la remise en état d'un banc d'essai essentiel à la formation des étudiants. La CTA ainsi réhabilitée servira de plateforme de démonstration pour l'apprentissage des principes de traitement de l'air, de commande automatique et de supervision.

Figure 5 CTA de l'Ephec

Figure 6 Tableau électrique de la CTA

Figure 4 CTA de l'Ephec

Figure 7 Compartiments CTA

1.4. Cahier des charges

Le présent cahier des charges a été rédigé par M. Geoffrey Van Hoeke, promoteur du projet, dans le cadre du travail de fin d'études mené à l'EPHEC TECH.

Il définit le contexte, les objectifs et les tâches à réaliser pour le remontage mécanique et électrique du poste CTA situé dans le laboratoire G8LEN.

Ce document encadre l'ensemble du travail effectué durant le stage et le TFE.

Contexte

À l'EPHEC TECH, le déménagement a impliqué de repenser totalement la structure et la composition de différents postes de laboratoire au laboratoire d'énergétique, passé du *S4ME* sur l'ancienne implantation du Boulevard Lambermont – Schaerbeek, au *G8LEN* dans la nouvelle implantation de la Rue Royale – Schaerbeek.

L'objectif principal de ce TFE est : **assurer le remontage mécanique et électrique du poste CTA au G8LEN.**

Tâches quotidiennes liées au stage :

- Assistance aux tâches d'aménagement physique et administratif du nouveau laboratoire G8LEN ;
- Assistance à la guidance des étudiants de bloc 1 et de bloc 2 réalisant leurs activités d'apprentissage dans ce nouveau laboratoire.

Liste des tâches

- Dresser un cadastre de la situation mécanique existante (schémas + descriptions littérales) ;
- Dresser un relevé des contraintes physiques imposées pour le remontage mécanique et électrique du poste ;
- Dresser un schéma 3D du poste imaginé sur l'espace alloué dans le laboratoire ;
- Dresser un schéma électrique des raccordements proposés ;
- Dresser un métré du matériel mécanique et électrique à commander pour la mise en œuvre des solutions proposées ;
- Commander, recueillir et vérifier le matériel reçu chez les fournisseurs adéquats ;
- Assurer le remontage mécanique du poste selon les schémas, descriptifs et matériels proposés ;
- Assurer le remontage électrique du poste selon les schémas, descriptifs et matériels proposés ;
- Réaliser une mise en service du poste avec un rapport complet et professionnel des performances obtenues et des points d'amélioration suggérés.

Profil attendu

Hard skills

- HVAC
- Électricité
- Automatisation
- Processus et instrumentation
- Schémas électriques (à réaliser sous Autocad, QElectroTech ou équivalent)
- Schémas mécaniques (à réaliser sous Autocad, Inventor, SketchUp ou équivalent)
- Régulation
- Énergétique
- Excel

Soft skills

- À l'écoute
- Curieux
- Organisé
- Rigoureux
- Proactif

Outils & données

- Exemples de TFE des années précédentes ;
- Matériel présent à l'école (câbles, appareillage électrique, PLC, ...) ;
- Pièces récupérées de l'ancien poste CTA provenant du S4ME ;
- Outillage (multimètres, pinces, tournevis, EPI, ...) disponible à l'école ;
- Budget alloué à la maintenance du laboratoire pour l'achat de nouveau matériel ou logiciel ;
- Licences AutoCAD étudiants.

2. Rappels Théoriques (HVAC)

2.1. Introduction à l'HVAC

Le sigle HVAC, pour *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, regroupe l'ensemble des procédés permettant de réguler les caractéristiques physiques de l'air dans un espace clos : température, humidité, pureté et vitesse.

Le rôle d'un système HVAC est de garantir un confort thermique optimal, une qualité d'air saine, et une consommation énergétique maîtrisée.

2.1.1. Domaines d'application

Les systèmes HVAC sont présents dans trois grands secteurs :

- Résidentiel : maisons, appartements, immeubles collectifs ;
- Tertiaire : bureaux, écoles, hôpitaux, commerces ;
- Industriel : usines, ateliers, laboratoires, *data centers*.

2.1.2. Étapes d'un projet HVAC

La mise en œuvre d'une installation HVAC comprend généralement quatre étapes :

1) Étude et conception — dimensionnement du système et choix des équipements ;
2) Installation — montage des composants (CTA, conduits, capteurs, régulation) ;
3) Mise en service — réglage, équilibrage des débits et validation du fonctionnement ;
4) Maintenance — entretien, nettoyage et contrôle des équipements.

Figure 8 Utilisation de l' HVAC dans tout type de secteur (2)

2.2. Composition et caractéristiques physiques de l'air

L'air est un mélange gazeux formé principalement de 78 % d'azote (N_2) et de 21 % d'oxygène (O_2), auxquels s'ajoutent des gaz rares (argon, dioxyde de carbone, etc.) et une proportion variable de vapeur d'eau (H_2O).

C'est la présence de cette vapeur d'eau qui confère à l'air ses propriétés thermodynamiques et hygrométriques.

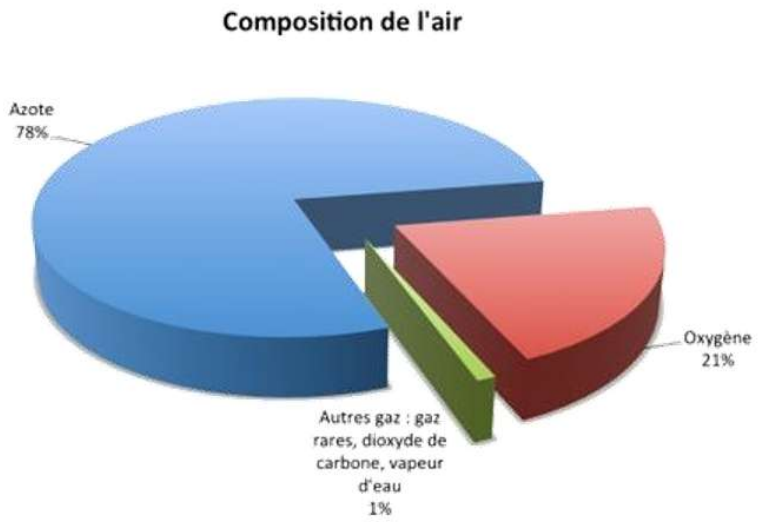


Figure 9 Graphique sur la composition de l'air (1)

2.2.1. Air sec et air humide

On distingue :

- L'air sec, constitué uniquement de gaz permanents ;
- L'air humide, mélange d'air sec et de vapeur d'eau.

La pression totale de l'air humide est la somme des pressions partielles de l'air sec et de la vapeur d'eau :

$$P_{atm} = P_{as} + P_v \qquad [\mathrm{Pa}]$$

Pression partielle de l'air sec — *Pression partielle de la vapeur d'eau*

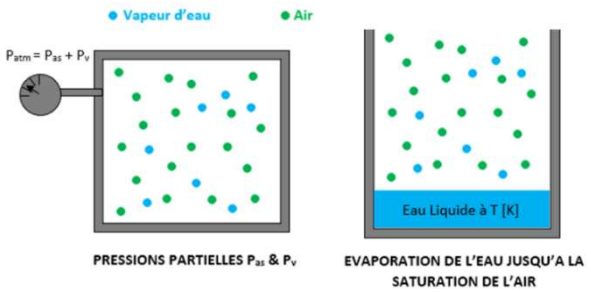


Figure 10 Pression partielle de l'air (1)

2.2.2. Humidité absolue et relative

Deux grandeurs permettent de caractériser la teneur en vapeur d'eau de l'air :

- L'humidité absolue, correspond à la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans un kilogramme d'air sec. Elle indique la masse d'eau présente dans le mélange et s'exprime généralement en grammes d'eau par kilogramme d'air sec en raison de la faible quantité de vapeurs d'eau dans l'air humide.

$$x = \frac{m_v}{m_{as}} \quad \left[\frac{\mathrm{kg_{eau}}}{\mathrm{kg_{as}}}\right] \text{ ou } \left[\frac{\mathrm{g_{eau}}}{\mathrm{kg_{as}}}\right]$$

Equation 1 Expression de l'humidité absolue de l'air (1)

- L'humidité relative, quant à elle, représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau réellement contenue dans l'air et la quantité maximale que cet air pourrait contenir à la même température.
  Lorsque l'humidité relative atteint 100 %, l'air est dit saturé : il ne peut plus absorber d'eau, et la condensation commence à apparaître (c'est le point de rosée).

$$\psi = \frac{m_v}{m_{sat,T}} = \frac{P_v}{P_{sat,T}} \quad [\%]$$

Equation 2 : Expression de l'humidité relative H.R de l'air (1)

La différence entre ces 2 humidités est le fait que l'humidité absolue mesure la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air, alors que l'humidité relative quant à elle, indique à quel point l'air est proche de la saturation à une température donnée.

Ces deux notions sont fondamentales pour évaluer le confort thermique et le risque de condensation dans une installation.
Elles sont également utilisées pour définir les conditions de traitement de l'air dans une centrale de traitement d'air.

2.2.3. Enthalpie et énergie de l'air humide/sec

L'air humide contient une quantité d'énergie appelée enthalpie, qui correspond à la somme de la chaleur sensible (liée à la température de l'air) et de la chaleur latente (liée à la présence de vapeur d'eau).
Cette grandeur représente donc l'énergie totale transportée par l'air et mise en jeu dans les échanges thermiques d'un système HVAC.

L'enthalpie peut être interprétée comme la somme de l'énergie interne du fluide et du travail de pression qu'il exerce sur son environnement.
Elle regroupe ainsi à la fois l'énergie calorifique et, dans une moindre mesure, l'énergie mécanique liée au mouvement du fluide.

Dans le cas de l'air humide, la part d'énergie mécanique est généralement négligeable devant l'énergie calorifique.

On se concentre donc principalement sur la chaleur contenue dans l'air, c'est-à-dire sur sa capacité à emmagasiner ou céder de l'énergie thermique.
Cette énergie calorifique dépend de la chaleur massique du fluide à pression constante et de la variation de température entre les états initial et final.

Souvent négligeables en regard des variations d'énergie internes volontairement visées en génie climatique

$$\Delta h = \int dh = \int (du + v \cdot dP + P \cdot dv) = \int du = c_p \cdot \Delta T \qquad \left[\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}\right] \text{ ou } \left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]$$

Equation 3 Expression généralement admise pour la variation d'enthalpie en génie climatique (1)

Dans une CTA, cette notion est essentielle : elle permet de déterminer les échanges thermiques réalisés dans les batteries de chauffage et de refroidissement, et de dimensionner correctement les composants pour assurer le confort et l'efficacité énergétique du système.

L'air sec, généralement assimilé à un gaz parfait, possède une chaleur massique à pression constante (Cp) pratiquement stable dans la plage de températures rencontrée dans les systèmes HVAC.

Sa valeur moyenne est d'environ 1,005 kJ par kilogramme et par degré Kelvin, ce qui permet d'évaluer la quantité de chaleur nécessaire pour modifier sa température sans changement d'état.

$$h_{as} = c_{p,as} \cdot T = 1{,}005 \cdot T \qquad \left[\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg_{as}}}\right]$$

Equation 4 : Développement de l'enthalpie de l'air sec (1)

Concernant l'eau, sa chaleur massique dépend directement de son état physique : elle est d'environ 2,1 kJ/kg·K pour la glace, 4,18 kJ/kg·K pour l'eau liquide et 1,85 kJ/kg·K pour la vapeur d'eau.
Tant que l'eau reste dans le même état (solide, liquide ou vapeur), la chaleur fournie ou extraite provoque simplement une variation de température proportionnelle à la quantité d'énergie échangée.
Ce phénomène est appelé ***chaleur sensible.***

En revanche, lorsqu'il y a changement d'état (fusion ou vaporisation), la température reste constante malgré un apport ou un retrait d'énergie.
Ces transitions nécessitent une quantité d'énergie bien déterminée appelée chaleur latente.

Par exemple, il faut environ 333,5 kJ/kg pour faire fondre la glace en eau liquide, et près de 2500 kJ/kg pour transformer l'eau liquide en vapeur.

Ces notions de chaleur sensible et latente sont essentielles dans le domaine HVAC, car elles interviennent directement dans les processus de chauffage, de refroidissement, d'humidification et de déshumidification de l'air traités dans une CTA.

2.2.4. Diagramme psychrométrique

Le diagramme psychrométrique est un outil graphique qui regroupe toutes les caractéristiques de l'air humide (température, humidité, enthalpie, etc.).
Il permet de visualiser les transformations subies par l'air dans une installation HVAC, telles que le chauffage, le refroidissement, le mélange, l'humidification ou la déshumidification.

C'est un outil essentiel pour comprendre les phénomènes thermodynamiques dans une CTA et analyser le comportement de l'air lors de son traitement.

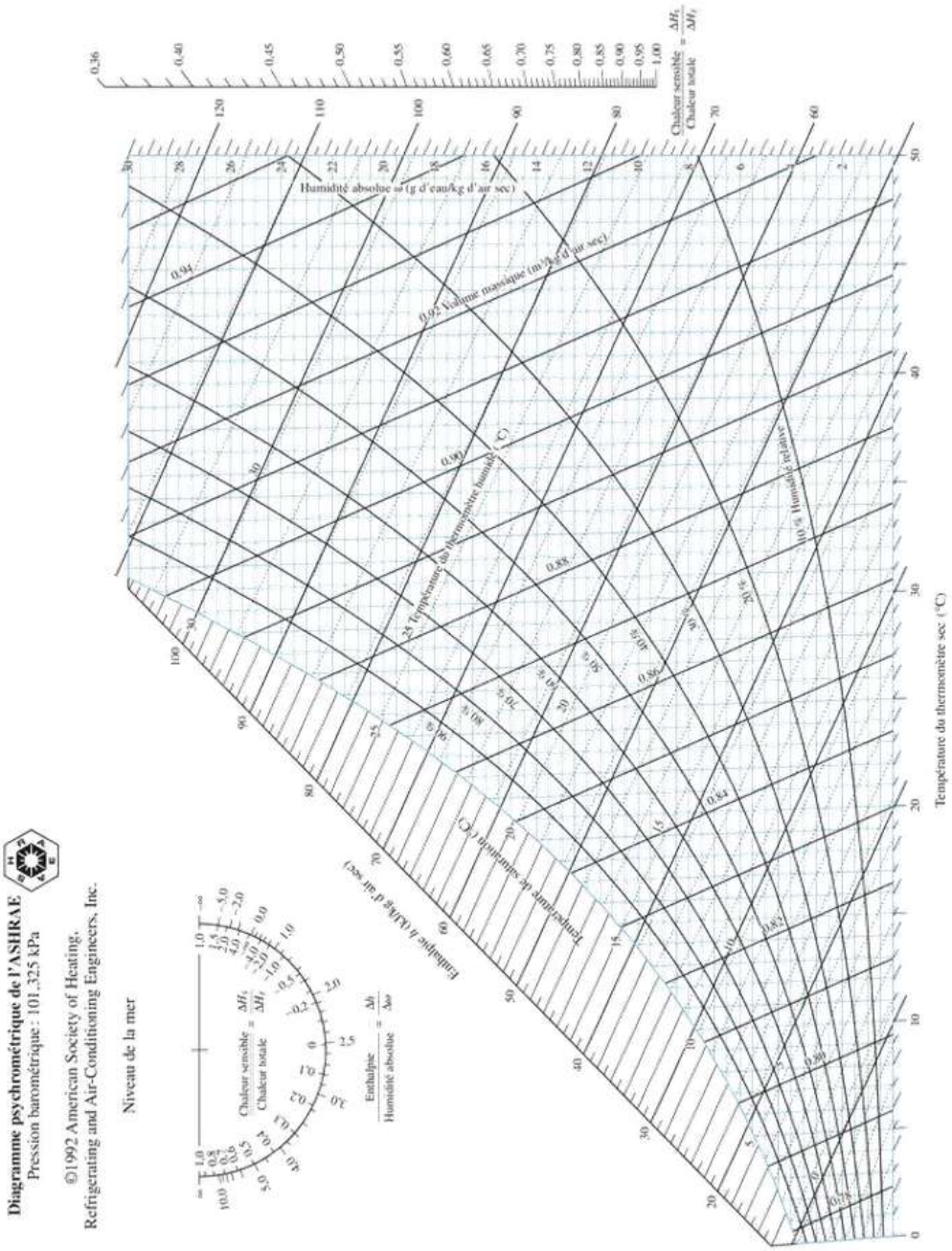


Figure 11 Diagramme Psychométrique (1)

2.3. Rôle et fonctionnement d'une Centrale de Traitement d'Air (CTA)

Une centrale de traitement d'air (CTA) est un équipement destiné à préparer et distribuer de l'air traité dans les locaux d'un bâtiment.
Elle assure le traitement complet de l'air extérieur avant son introduction dans les pièces, afin d'en contrôler la température, l'humidité et la qualité.

La CTA est donc au cœur du système HVAC : elle assure à la fois le confort des occupants, la qualité sanitaire de l'air et la performance énergétique de l'installation.

2.3.1. Étapes principales du traitement de l'air

Le fonctionnement d'une CTA suit une succession logique d'étapes :

1) Aspiration de l'air neuf : l'air extérieur est capté à travers une grille d'entrée et dirigé vers la centrale.
2) Mélange air neuf / air repris : une partie de l'air intérieur est recyclée et mélangée à l'air neuf pour réduire les besoins énergétiques.
3) Filtration : les filtres éliminent les poussières, pollens et particules fines pour garantir la propreté de l'air.
4) Échanges thermiques : l'air est chauffé, refroidi, humidifié ou déshumidifié selon les besoins.
5) Soufflage : l'air traité est propulsé vers les locaux via des ventilateurs.
6) Extraction et rejet : l'air vicié est évacué, parfois après récupération d'énergie sur l'air extrait.

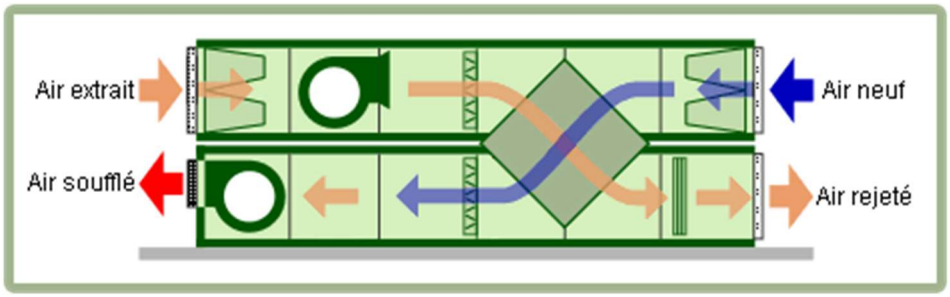


Figure 12 principe de fonctionnement CTA (5)

2.3.2. Principe général de fonctionnement

L'air neuf et l'air repris circulent dans la CTA à travers différents modules de traitement. Selon les conditions climatiques et les besoins du bâtiment, la CTA ajuste automatiquement les volets de mélange, les batteries de chauffe, les ventilateurs et les servomoteurs. Les paramètres de fonctionnement sont surveillés en permanence par un système de régulation automatique.

Ce fonctionnement séquentiel et régulé permet d'obtenir un air propre, tempéré et confortable, tout en optimisant la consommation d'énergie.

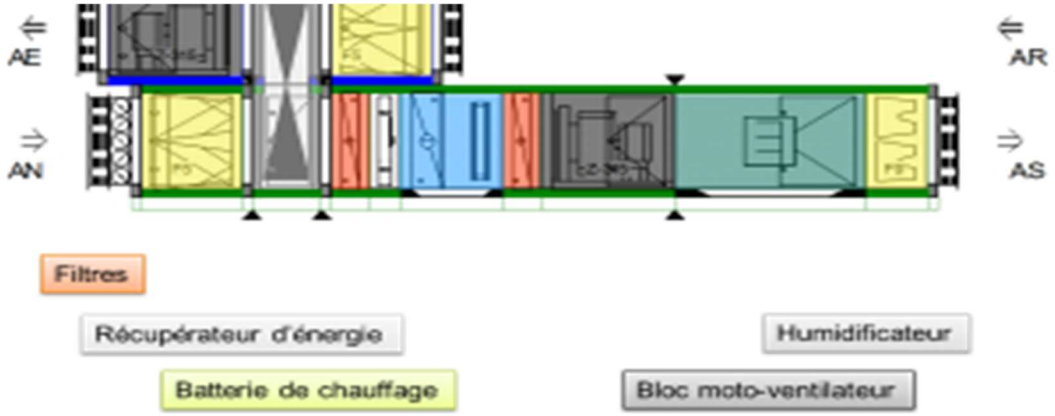


Figure 13 module d'une cta (4)

2.4. Composants principaux d'une CTA

Une CTA se compose d'une série de modules indépendants disposés dans le sens de circulation de l'air.
Chaque module joue un rôle bien précis dans le traitement global du flux d'air.

2.4.1. Organisation des modules

Voici les principaux éléments constitutifs d'une CTA et leurs fonctions :

COMPOSANT	RÔLE PRINCIPAL	EXEMPLE D'ÉQUIPEMENT
PRISE D'AIR NEUF / REJET	Permet le renouvellement d'air	Grilles, registres motorisés
SECTION DE MÉLANGE	Ajuste la proportion d'air neuf et d'air repris	Volets motorisés
FILTRATION	Retient les poussières et polluants	Filtres G4, F7 ou HEPA
BATTERIE CHAUDE	Chauffe l'air en hiver	Batterie à eau chaude ou électrique
BATTERIE FROIDE	Refroidit et déshumidifie l'air	Batterie à eau glacée ou à fluide frigorigène
VENTILATEURS	Assurent le déplacement de l'air	Centrifuges ou à réaction, souvent avec variateur
RÉCUPÉRATEUR D'ÉNERGIE	Transfère la chaleur entre air neuf et air extrait	Échangeur rotatif ou à plaques
CAPTEURS	Mesurent pression, température, CO_2, humidité	Sondes PT1000, pressostats, transmetteurs
ACTIONNEURS	Permettent la régulation du système	Servomoteurs, vannes, registres
AUTOMATE ET HMI (OPTIONNEL)	Commandent et supervisent le fonctionnement	API Siemens, écran tactile

2.4.2. Fonctionnement global

Tous ces composants fonctionnent de manière coordonnée pour assurer le traitement optimal de l'air.
Les capteurs transmettent les informations de mesure à l'automate, qui commande ensuite les actionneurs en fonction des consignes de température, de pression ou d'humidité.

Ce système intégré garantit un confort constant, une bonne qualité d'air et une consommation maîtrisée.

2.5. Régulation et automatisation

La régulation d'une CTA a pour objectif de maintenir les conditions d'air souhaitées (température, pression, humidité, débit) quelles que soient les variations extérieures.
Elle repose sur un système automatisé composé de capteurs, actionneurs et d'un automate programmable (API).

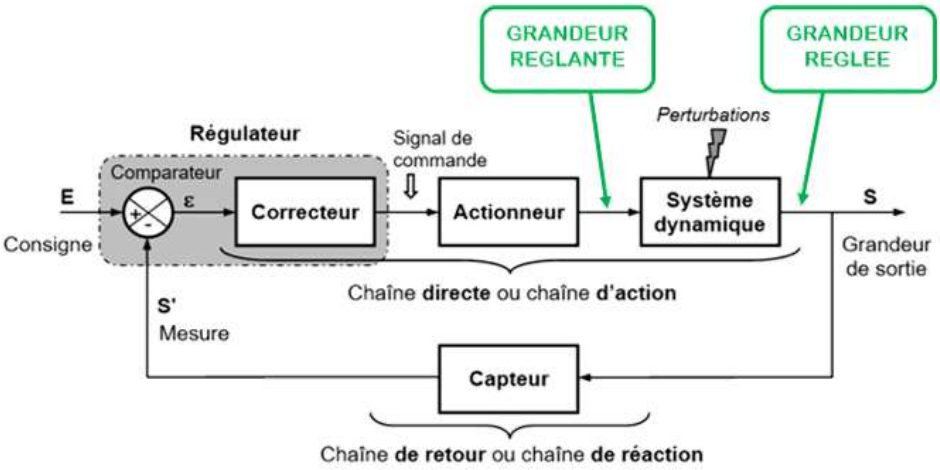


Figure 14 Régulation d'une CTA (1)

2.5.1. Principe général

Les capteurs mesurent en continu différents paramètres (température, pression, taux de CO_2...). Ces données sont transmises à l'automate, qui les compare aux valeurs de consigne. En fonction de l'écart observé, l'automate agit sur les vannes, registres ou servomoteurs afin de corriger la situation.

Ce principe de correction automatique permet de stabiliser le fonctionnement de la CTA et de garantir le confort tout en réduisant la consommation d'énergie.

2.6. Rendement énergétique

Les CTA modernes sont conçus pour concilier performance énergétique et confort des occupants.
Elles intègrent des technologies permettant de réduire les pertes thermiques et d'améliorer le rendement global du système.

2.6.1. Optimisation énergétique

Plusieurs dispositifs contribuent à l'efficacité énergétique :

- Récupération de chaleur sur l'air extrait pour préchauffer l'air neuf.
- Variation de vitesse des moteurs de ventilateurs selon les besoins réels.
- Régulation intelligente pour éviter la surconsommation énergétique.
- Isolation renforcée des conduits et des modules pour limiter les pertes.

Ces techniques permettent de réduire considérablement la consommation d'énergie tout en maintenant un haut niveau de confort intérieur.

3. Développement des sujets

3.1. Analyse initiale et contexte du projet

Afin de débuter ce projet dans de bonnes conditions et de répondre aux modifications demandées, une première phase d'analyse a été réalisée à partir des travaux effectués par les étudiants des années précédentes. Cette étape a permis de mieux comprendre l'évolution du poste CTA ainsi que les choix techniques déjà mis en place.

Pour ce faire, j'ai consulté et étudié plusieurs travaux de fin d'études antérieurs, et plus particulièrement ceux réalisés par Thomas Payez et Amine Nektachi. L'analyse de ces documents m'a permis d'identifier la structure générale de l'installation, les solutions techniques déjà envisagées ainsi que les limites ou adaptations nécessaires dans le cadre du nouveau projet.

Cette démarche préalable a constitué une base de travail essentielle pour orienter les décisions techniques, adapter les interventions aux contraintes actuelles du laboratoire et assurer une continuité cohérente avec les réalisations précédentes, tout en répondant aux objectifs fixés pour ce travail de fin d'études, ce projet de travail de fin d'études s'inscrit dans le cadre de la remise en état et de la mise en conformité d'une installation technique existante. L'objectif principal était d'analyser l'état initial de l'équipement, d'en comprendre le fonctionnement électrique et d'intervenir sur les parties nécessitant un démontage, un remontage ou un recâblage, dans une optique de maintenance électromécanique.

L'installation concernée présentait un câblage partiellement obsolète, incomplet ou non documenté, rendant son exploitation et sa maintenance difficiles. Une phase d'analyse préliminaire a donc été indispensable afin d'identifier les différents composants électriques, de comprendre leur rôle au sein du système et d'évaluer l'état général de l'installation avant toute intervention.

Cette analyse initiale a permis de mettre en évidence plusieurs contraintes techniques, notamment liées à l'organisation du tableau électrique, au repérage des conducteurs, à l'état des raccordements et au respect des règles de sécurité. Ces éléments ont servi de base pour définir une méthode de travail structurée, adaptée aux exigences d'un projet de maintenance.

Ce contexte a nécessité une approche progressive, combinant observation, vérification et réflexion technique, afin de garantir un remontage électrique fiable, sécurisé et conforme aux bonnes pratiques professionnelles.

3.1.1 Situation de départ

Au lancement de ce travail de fin d'études, la **centrale de traitement d'air (CTA)** concernée se trouvait dans un état **partiellement démonté et non fonctionnel**. L'installation avait été déplacée dans le cadre du déménagement des laboratoires, ce qui avait entraîné le démontage de plusieurs éléments mécaniques et électriques, rendant toute exploitation immédiate impossible.

Figure 16 CTA situation initial

Figure 15 CTA pendant aménagement

Le tableau électrique présentait un câblage désorganisé, avec des conducteurs non identifiés et des raccordements incomplets. Certains composants, tels que les protections électriques, les borniers et les dispositifs de commande, nécessitaient une vérification approfondie afin de s'assurer de leur bon état et de leur conformité.

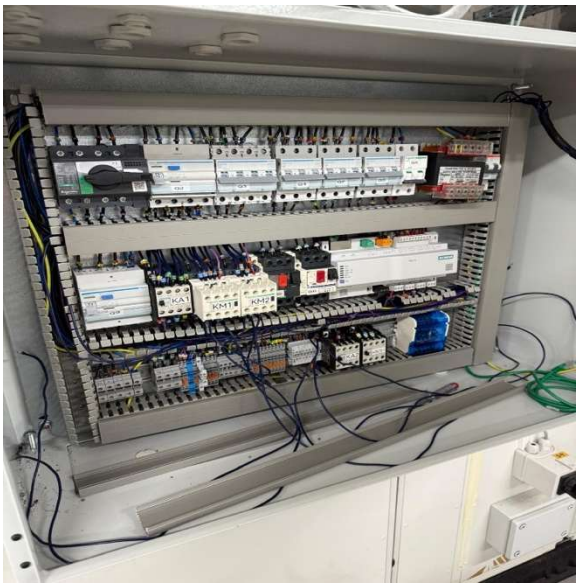


Figure 17 Tableau électrique situation initiale

De plus, l'installation ne permettait pas, en l'état, de garantir un niveau de sécurité suffisant pour une remise sous tension immédiate. Des contrôles préliminaires étaient donc indispensables afin de détecter d'éventuelles anomalies, telles que des risques de court-circuit, des défauts d'isolement ou des connexions incorrectes.

Cette situation de départ a imposé une approche méthodique, basée sur l'observation, l'identification des éléments existants et la planification des interventions à réaliser, avant d'entamer les phases de remontage et de recâblage électrique.

3.1.2. Objectif général

L'objectif général de ce travail de fin d'études est de remettre en état et de fiabiliser une installation électrique existante dans une logique de maintenance électromécanique. Le projet vise principalement le remontage électrique, le recâblage des différents composants et la vérification du bon fonctionnement de l'installation, tout en respectant les règles de sécurité et les bonnes pratiques professionnelles.

Ce travail a pour but d'assurer une installation fonctionnelle, sécurisée et correctement organisée, facilitant à la fois son exploitation et sa maintenance future. Une attention particulière a été portée à la clarté du câblage, au repérage des conducteurs, à la cohérence des raccordements et à la conformité des protections électriques.

Au-delà de l'aspect technique, ce projet a également pour objectif de mettre en application les compétences acquises durant la formation, notamment en matière de lecture de schémas électriques, d'analyse d'une installation existante, de méthodologie d'intervention et de contrôle avant remise sous tension.

3.1.3. Analyse du cahier des charges

Le cahier des charges de ce travail de fin d'études s'inscrit dans le cadre du déménagement des laboratoires de l'EPHEC TECH, et plus précisément dans la reconfiguration du laboratoire d'énergétique, anciennement situé sur le site du S4ME et désormais implanté au G8LEN. Ce changement de localisation a rendu nécessaire le remontage mécanique et électrique complet du poste CTA, objet principal de ce projet.

EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH

Année académique : 2025 - 2026
Bloc : 3EM / 3AU
Quadrimestre : Q2
UE : A308/E307 – Stage & TFE

PROJET « REMONTAGE MECANIQUE ET ELECTRIQUE DU POSTE CTA AU G8LEN »

CAHIER DES CHARGES

CONTEXTE

A l'EPHEC TECH, le déménagement a impliqué de repenser totalement la structure et composition de différents postes de laboratoire au laboratoire d'énergétique, passé du « S4ME » sur l'ancienne implantation du Boulevard Lambermont – Schaerbeek au « G8LEN » dans la nouvelle implantation de la Rue Royale – Schaerbeek.

L'objectif principal de ce TFE : Assurer le remontage mécanique et électrique du poste CTA au G8LEN.

Tâches quotidiennes liées au stage :
- Assistance aux tâches d'aménagement physique et administratif du nouveau laboratoire G8LEN
- Assistance à la guidance des étudiants de bloc 1 et de bloc 2 réalisant leurs activités d'apprentissage dans ce nouveau laboratoire

LISTE DES TÂCHES

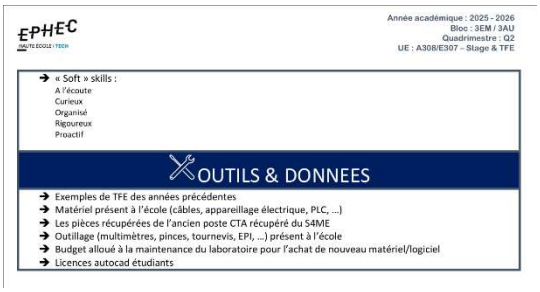
- Dresser un cadastre de la situation mécanique existante (schémas + descriptions littérales)
- Dresser un relevé des contraintes physiques imposées pour le remontage mécanique et électrique du poste
- Dresser un schéma 3D du poste imaginé sur l'espace alloué dans le laboratoire
- Dresser un schéma électrique des raccordements proposés
- Dresser un métré du matériel mécanique et électrique à commander pour la mise en œuvre des solutions proposées
- Commander, recueillir et vérifier le matériel reçu chez les fournisseurs adéquats
- Assurer le remontage mécanique du poste selon les schémas, descriptifs et matériels proposés
- Assurer le remontage électrique du poste selon les schémas, descriptifs et matériels proposés
- Réaliser une mise en service du poste avec rapport complet et professionnel des performances obtenues et points d'amélioration suggérés

PROFIL ATTENDU

- « Hard » skills :
  HVAC
  Electricité
  Automatisation
  Processus et instrumentation
  Schémas électriques (à réaliser sous Autocad, Qelectrotech ou équivalent)
  Schémas mécanique (à réaliser sous Autocad, Inventor, Sketchup ou équivalent)
  Régulation
  Energétique
  Excel

© G. Van Hoeke 2025 EPHEC TECH

Figure 18 Cahier des charges



EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH

Année académique : 2025 - 2026
Bloc : 3EM / 3AU
Quadrimestre : Q2
UE : A308/E307 – Stage & TFE

- « Soft » skills :
  A l'écoute
  Curieux
  Organisé
  Rigoureux
  Proactif

OUTILS & DONNEES

- Exemples de TFE des années précédentes
- Matériel présent à l'école (câbles, appareillage électrique, PLC, ...)
- Les pièces récupérées de l'ancien poste CTA récupéré du S4ME
- Outillage (multimètres, pinces, tournevis, EPI, ...) présent à l'école
- Budget alloué à la maintenance du laboratoire pour l'achat de nouveau matériel/logiciel
- Licences autocad étudiants

Figure 19 Cahier des charges partie 2

L'objectif principal défini dans le cahier des charges est d'assurer le remontage mécanique et électrique du poste CTA dans le nouveau laboratoire, en tenant compte des contraintes physiques de l'espace disponible et du matériel existant. Le projet comprend plusieurs étapes clés, allant de l'analyse de la situation initiale jusqu'à la mise en service finale du poste.

Le cahier des charges impose notamment la réalisation d'un cadastre de la situation existante, l'identification des contraintes mécaniques et électriques, la proposition de schémas adaptés, ainsi que l'établissement d'un métré précis du matériel nécessaire. Il prévoit également la commande, la vérification du matériel reçu et l'exécution des travaux de remontage conformément aux schémas et descriptifs établis.

Enfin, le cahier des charges insiste sur l'importance d'une mise en service structurée, accompagnée d'un rapport professionnel présentant les performances obtenues et les éventuels points d'amélioration. Ces exigences ont servi de fil conducteur tout au long du projet et ont permis de cadrer les choix techniques, l'organisation du travail et la méthodologie adoptée.

3.2. Reconstruction mécanique de la CTA

3.2.1. Remontage des compartiments

Le remontage des compartiments de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape essentielle du projet, permettant de redonner une structure cohérente et fonctionnelle à l'installation. Cette phase a nécessité une analyse préalable de l'agencement des différents modules afin de respecter l'ordre de montage, les contraintes d'encombrement et les accès nécessaires pour les futures opérations de maintenance ou de recâblage.

Lors de cette étape, une réflexion a été menée en collaboration avec le professeur encadrant concernant l'implantation du tableau électrique de la CTA. Il a été décidé de positionner celui-ci en hauteur, au-dessus de la CTA, afin d'optimiser l'espace disponible dans le laboratoire, d'améliorer l'accessibilité aux compartiments et de garantir une meilleure visibilité des éléments électriques ce qui est indispensable pour un poste pédagogique. Ce choix permet également de faciliter les interventions de maintenance tout en respectant les exigences de sécurité.

Figure 20 CTA après enlèvement du tableau électrique

Figure 21 Vérification et préparation du tableau électrique

Figure 22 Mise en place du tableau électrique sur la CTA

Pour permettre cette implantation, deux planches de bois ont été découpées au fablab sur mesure afin de s'adapter précisément à la largeur de la CTA et de constituer un support stable pour le tableau électrique. Ces supports ont été positionnés et fixés de manière à assurer la rigidité de l'ensemble, tout en respectant les contraintes mécaniques et de sécurité.

À la suite de cette décision, j'ai assuré la mise en forme complète de l'ensemble, en veillant à l'alignement des compartiments, à la stabilité mécanique de la structure et à la cohérence globale de l'installation. Une attention particulière a été portée à l'organisation de l'espace autour de la CTA afin de permettre un accès aisé que ce soit pour les personnes présente dans le laboratoire aux différents éléments, tant mécaniques qu'électriques.

En parallèle, l'ensemble des anciens passages de câbles, goulottes et cheminements existants a été démonté. Cette opération a permis de repartir sur une base saine, d'éliminer les éléments devenus inadaptés et non voulu à la nouvelle configuration du laboratoire et de préparer une future organisation du câblage plus claire et plus conforme aux exigences de maintenance.

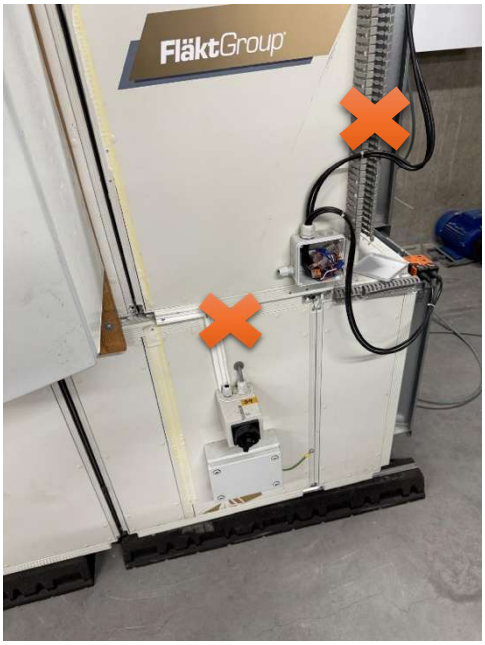


Figure 23 Démontage des goulottes et passage de câble étant présent

Cette phase de remontage a permis de poser une base solide pour les étapes suivantes du projet, notamment le remontage électrique et les contrôles, en garantissant une installation claire, structurée et adaptée aux contraintes du laboratoire.

3.2.2. Vérification des isolations

La vérification des isolations a constitué une étape indispensable avant toute poursuite des travaux de remontage et de câblage de la centrale de traitement d'air (CTA). Cette phase avait pour objectif de garantir la sécurité de l'installation, tant pour les utilisateurs que pour les intervenants, et d'éviter tout risque électrique lors des étapes suivantes.

Dans un premier temps, un contrôle visuel approfondi a été réalisé sur l'ensemble des éléments accessibles de la CTA. Cette inspection a permis de vérifier l'état des isolants, des gaines, des passages de câbles et des surfaces métalliques, afin de détecter d'éventuelles détériorations, fissures ou zones susceptibles de provoquer des défauts d'isolement (surtout au niveau de la batterie chaude).

Ensuite, une attention particulière a été portée aux zones sensibles, telles que les traversées de parois, les points de fixation et les anciens passages de câbles récemment démontés. Ces emplacements ont été contrôlés afin de s'assurer qu'aucun élément ne présente de risque de contact direct avec des parties conductrices ou des masses métalliques.

Cette étape de vérification des isolations a permis de s'assurer que la CTA disposait d'une base saine et sécurisée avant d'entamer le remontage électrique. Elle a également contribué à prévenir d'éventuelles défaillances futures, en intégrant dès cette phase une démarche de maintenance préventive.

3.2.3. Raccordement mécanique interne

Le raccordement mécanique interne de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape importante afin d'assurer la cohérence et l'alignement général de l'installation. Cette phase avait pour objectif de garantir une structure stable et correctement positionnée, tout en tenant compte des contraintes matérielles et spatiales du laboratoire.

Les compartiments de la CTA ont été positionnés et alignés avec le maximum possible de précision afin d'assurer la continuité mécanique de l'installation. En raison de contraintes techniques et matérielles, l'ensemble des compartiments n'a pas pu être fixé mécaniquement entre eux. Néanmoins, leur mise en place a été réalisée de manière rigoureuse, permettant d'obtenir un alignement correct et une stabilité suffisante pour la poursuite du projet.

Les compartiments pouvant être solidarisés ont été fixés à l'aide de la visserie disponible au laboratoire. Les points de fixation ont été vérifiés afin d'assurer un maintien correct et d'éviter toute contrainte mécanique excessive. Les éléments internes ont ensuite été contrôlés afin de garantir leur bon positionnement.

Malgré l'impossibilité de fixer l'intégralité des compartiments entre eux, l'installation présente une géométrie cohérente et fonctionnelle, permettant d'assurer les étapes suivantes du projet, notamment le remontage électrique de la CTA, dans des conditions satisfaisantes de sécurité et d'accessibilité pour la maintenance.

3.3. Analyse et vérification du tableau électrique

3.3.1. Inspections du câblage existant

L'inspection du câblage existant de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape préalable indispensable avant toute intervention de remontage électrique. Cette phase avait pour objectif d'évaluer l'état et la cohérence des éléments électriques déjà présents sur l'installation.

Il est important de préciser que le câblage existant était uniquement présent au niveau du tableau électrique de la CTA. Celui-ci avait été réalisé par l'étudiant Amine Nektachi dans le cadre de son travail de fin d'études, sur base des schémas électriques disponibles. Aucun câblage fonctionnel n'était présent dans les différents compartiments de la CTA au début de ce projet.

L'inspection a donc porté principalement sur le tableau électrique, et plus particulièrement sur l'état des conducteurs, des borniers et des raccordements existants. Un contrôle visuel a permis de vérifier l'intégrité des câbles, la lisibilité des raccordements et la cohérence du câblage par rapport aux schémas fournis dans le TFE de référence.

Cette analyse a permis d'identifier les éléments pouvant être conservés ainsi que ceux nécessitant une adaptation ou une remise en ordre afin de correspondre à la nouvelle configuration de la CTA et aux exigences du projet actuel. Elle a ainsi servi de base pour la suite des opérations de remontage et de réorganisation du câblage électrique, dans une logique de maintenance et de fiabilité.

3.3.2. Relevé du schéma d'origine

Le relevé du schéma d'origine de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape essentielle afin de comprendre l'architecture électrique existante et d'assurer la continuité avec les travaux réalisés précédemment. Cette phase avait pour objectif de disposer d'une base fiable avant toute modification ou réorganisation du câblage.

Le schéma d'origine utilisé pour ce projet provient du travail de fin d'études réalisé par l'étudiant Amine Nektachi, qui avait établi le câblage du tableau électrique sur base des besoins de la CTA. Ces schémas ont servi de référence principale pour analyser la structure du tableau électrique, identifier les différents circuits et comprendre le rôle des composants présents.

Un travail de vérification et de lecture approfondie des schémas a été réalisé afin de confronter la documentation existante à la réalité du câblage observé dans le tableau électrique. Cette comparaison a permis de repérer les correspondances entre les schémas et les composants physiques, ainsi que d'identifier les éléments nécessitant une adaptation en raison de la nouvelle implantation de la CTA.

Ce relevé du schéma d'origine a permis de garantir une compréhension claire du fonctionnement électrique de la CTA et a constitué un support indispensable pour la suite du projet, notamment pour le remontage électrique, la mise en conformité et la documentation finale.

3.3.3. Mise en conformité

La mise en conformité du tableau électrique de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape essentielle afin de garantir la sécurité, la fiabilité et la clarté de l'installation avant la poursuite des travaux de remontage électrique. Cette phase avait pour objectif d'adapter le câblage existant aux contraintes actuelles du projet et aux exigences de la maintenance électromécanique.

Sur base de l'inspection du câblage existant et de l'analyse des schémas d'origine, plusieurs vérifications et adaptations ont été réalisées. Celles-ci ont porté sur l'état des conducteurs, la qualité des raccordements, le serrage des borniers ainsi que la lisibilité des repérages.

Dans ce cadre, des modifications ont été apportées à l'organisation des borniers afin d'améliorer la structure et la compréhension du tableau électrique. Trois borniers distincts ont été définis et réorganisés :

- X1 : bornier d'alimentation, destiné au raccordement de l'alimentation électrique de la CTA.
- X2 : bornier de puissance, regroupant les circuits de puissance alimentant les différents équipements.
- X3 : bornier de commande, dédié aux circuits de commande et de contrôle.

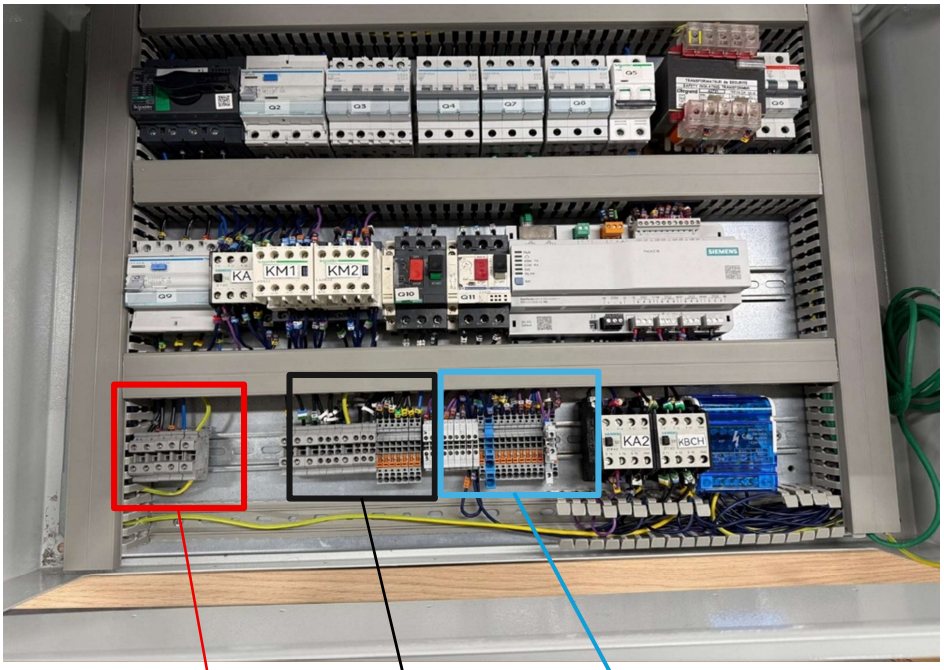


Figure 24 Vue sur l'intérieur du tableau électrique après nouvelle repartions des borniers

COULEURS DES CONDUCTEURS

Utilisation	Couleur
Phase 400/230V AC	Brun/ Noir/ Gris
Neutre	Bleu clair
24V AC	Bleu foncé
Commande I/O Automate	Mauve
Protection Terre "PE"	Vert / Jaune

Figure 25 Code couleur à respecter dans le tableau électrique

Cette nouvelle répartition des borniers permet une meilleure lisibilité du tableau électrique, une séparation claire entre les différents types de circuits et facilite les interventions futures de maintenance ou de modification. Elle contribue également à réduire les risques d'erreur lors des raccordements et des contrôles.

Cette étape de mise en conformité a permis d'obtenir un tableau électrique structuré, cohérent et sécurisé, constituant une base fiable pour la suite du projet, notamment le recâblage de la CTA et les phases de contrôle et de remise en service.

3.4. Recâblage complet de la CTA

3.4.1. Identification des équipements à câbler

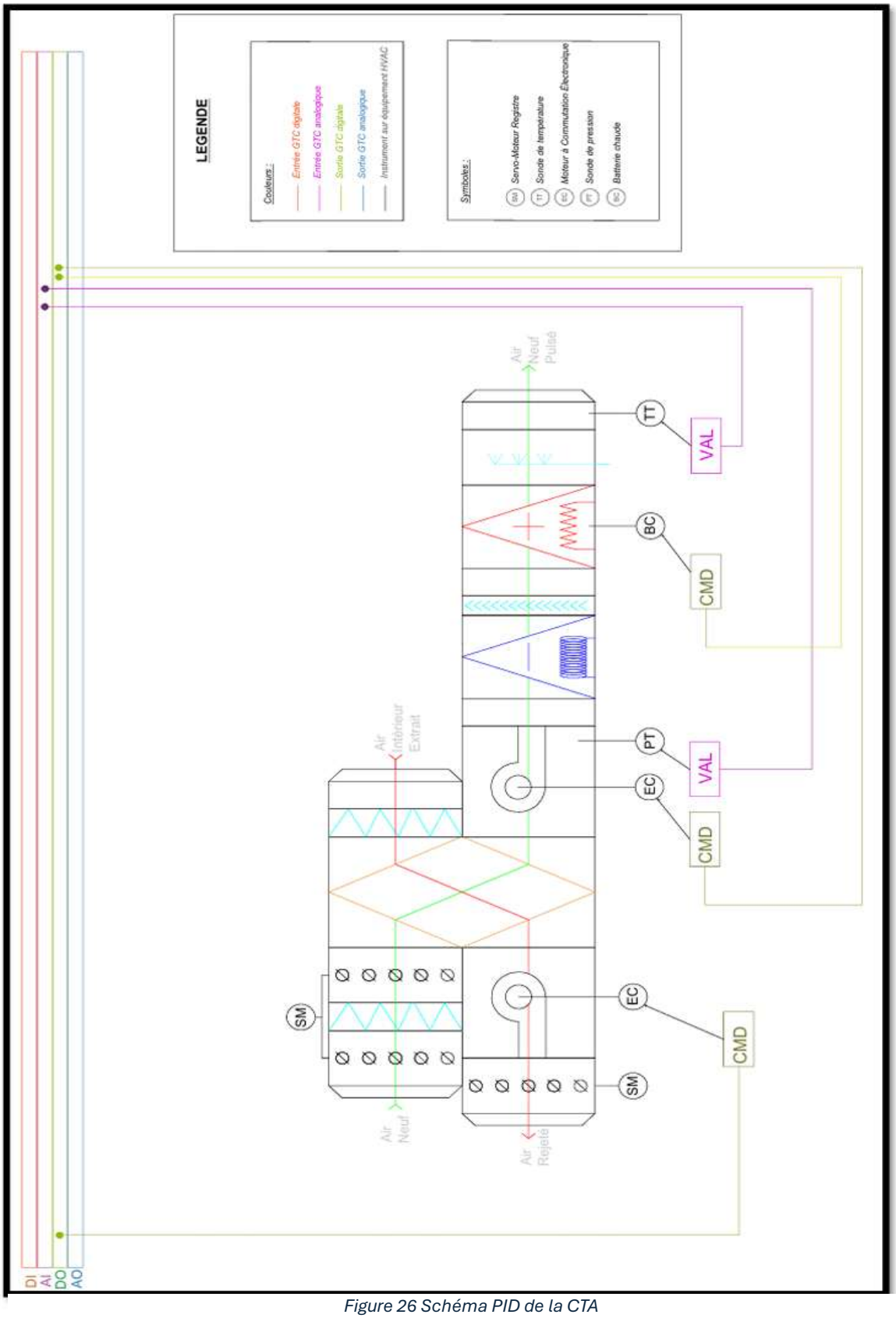


Figure 26 Schéma PID de la CTA

Afin de représenter de manière claire et structurée le fonctionnement global de la centrale de traitement d'air (CTA), un schéma PID (Piping and Instrumentation Diagram) a été réalisé. Ce type de schéma permet de visualiser l'ensemble des équipements composant l'installation, tels que les organes mécaniques, les capteurs, les actionneurs et les liaisons fonctionnelles, tout en offrant une vue d'ensemble cohérente du processus de traitement de l'air.

Le schéma PID constitue un support essentiel pour comprendre l'architecture de la CTA, le cheminement des différents flux d'air ainsi que la disposition des équipements. Il facilite également l'identification des éléments à raccorder électriquement et sert de base pour l'organisation du câblage dans une logique de maintenance électromécanique.

Dans un premier temps, le parcours de l'air neuf, représenté en vert sur le schéma, peut être observé. Celui-ci pénètre dans la CTA en traversant des registres d'isolement, permettant de contrôler le débit d'air entrant. Il passe ensuite à travers un filtre, dont le rôle est de purifier l'air avant son traitement.

L'air neuf traverse ensuite un échangeur à plaques, qui permet de récupérer l'énergie thermique de l'air extrait sans mélange entre les deux flux. Ce procédé contribue au préconditionnement de l'air entrant et permet de réduire la consommation énergétique globale de l'installation.

L'air poursuit ensuite son cheminement au sein de la CTA en traversant les batteries de traitement thermique, assurant le chauffage ou le refroidissement de l'air selon les besoins. À la suite de ces éléments, un pare-gouttelettes est installé afin de retenir les éventuelles gouttes d'eau générées lors du refroidissement, évitant ainsi leur entraînement dans le reste du circuit aéraulique.

Avant d'être insufflé dans le local, l'air traité traverse un humidificateur, positionné après la batterie chaude. Cet équipement permet d'ajuster le taux d'humidité de l'air lorsque cela est nécessaire, contribuant ainsi au confort et à la qualité de l'air diffusé.

Le schéma PID permet également de suivre le trajet de l'air vicié, représenté en rouge. Celui-ci est repris depuis le local, puis dirigé vers un filtre afin d'éliminer les impuretés. Il est ensuite acheminé vers l'échangeur à plaques, où il cède une partie de son énergie thermique à l'air neuf, sans mélange des flux. Enfin, l'air extrait est rejeté vers l'extérieur du bâtiment, complétant ainsi le cycle de renouvellement de l'air assuré par la CTA.

Cette représentation globale du fonctionnement de la CTA permet de mieux comprendre le rôle de chaque équipement et leur interaction au sein de l'installation. Elle constitue une base essentielle pour la suite du projet, notamment pour l'identification des équipements à câbler, l'organisation du tableau électrique et le recâblage électrique de la CTA.

Dans le cadre de ce projet, les équipements de la centrale de traitement d'air (CTA) à raccorder électriquement ont été identifiés et classés selon leur fonction, en distinguant les circuits de puissance et les circuits de commande.

Pour la partie puissance, les éléments à câbler sont les deux ventilateurs de la CTA, assurant l'insufflation et l'extraction de l'air, ainsi que la batterie chaude, nécessitant une alimentation électrique adaptée à son fonctionnement.

Concernant la partie commande, les équipements à raccorder comprennent les capteurs permettant la surveillance des paramètres de fonctionnement de la CTA, ainsi que les actionneurs. Dans le cadre de ce projet, les actionneurs concernés sont les ventilateurs, la batterie chaude, ainsi que les registres motorisés, commandés par des servomoteurs, assurant la gestion des flux d'air au sein de la CTA.

Cette distinction entre les circuits de puissance et de commande a permis d'organiser le câblage de manière claire et structurée, facilitant la compréhension de l'installation et les futures opérations de maintenance électrique.

3.4.2. Choix des câbles (conformément au CDC)

Le choix des câbles utilisés pour le recâblage de la centrale de traitement d'air (CTA) a été réalisé en tenant compte des exigences du cahier des charges, des besoins spécifiques des équipements à raccorder ainsi que des critères de sécurité, de fiabilité et de facilité de maintenance.

Pour les circuits de commande, un câble de type LIHH 8×1,5 mm^2 a été retenu. Ce type de câble offre une section adaptée aux faibles courants nécessaires au pilotage des capteurs et des actionneurs de la CTA, tels que les servomoteurs de registres, les circuits de commande des ventilateurs et la commande de la batterie chaude. Le choix d'un câble multiconducteur permet de regrouper plusieurs signaux au sein d'un même câble, améliorant ainsi la lisibilité du câblage et facilitant les interventions de maintenance ou d'éventuelles évolutions futures.

Figure 27 Câble LIHH 8x1.5 mm^2 (6)

Pour les circuits de puissance, un câble de type 4G 2,5 mm^2 a été sélectionné. Cette section est adaptée à l'alimentation des équipements de puissance de la CTA, notamment les ventilateurs et la batterie chaude, tout en garantissant un niveau de sécurité suffisant face aux contraintes électriques et thermiques. La présence du conducteur de protection intégré contribue également à la sécurité de l'installation.

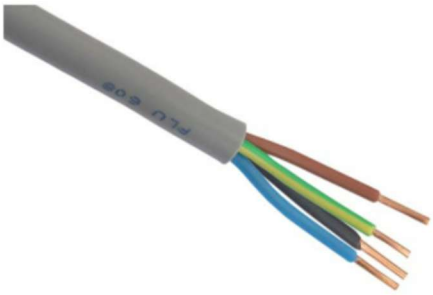


Figure 28 Câble de type 4G 2,5 mm^2 (7)

Par ailleurs, du câble de section 1,5 mm^2 disponible au laboratoire a été utilisé pour réaliser certaines extensions et adaptations de câblage, lorsque cela était nécessaire. Cette solution a permis de répondre aux besoins du projet tout en optimisant l'utilisation du matériel existant, dans le respect des exigences de sécurité et de cohérence avec le reste de l'installation.

Figure 29 Câble de section 1,5 mm^2 (8)

Ces choix ont été effectués dans une logique de cohérence avec les besoins actuels de l'installation, tout en laissant une marge suffisante pour d'éventuelles adaptations ou compléments ultérieurs. L'utilisation de sections standard et de câbles couramment utilisés en maintenance industrielle permet également de simplifier l'approvisionnement et les futures interventions sur la CTA.

3.4.3. Cheminement des câbles

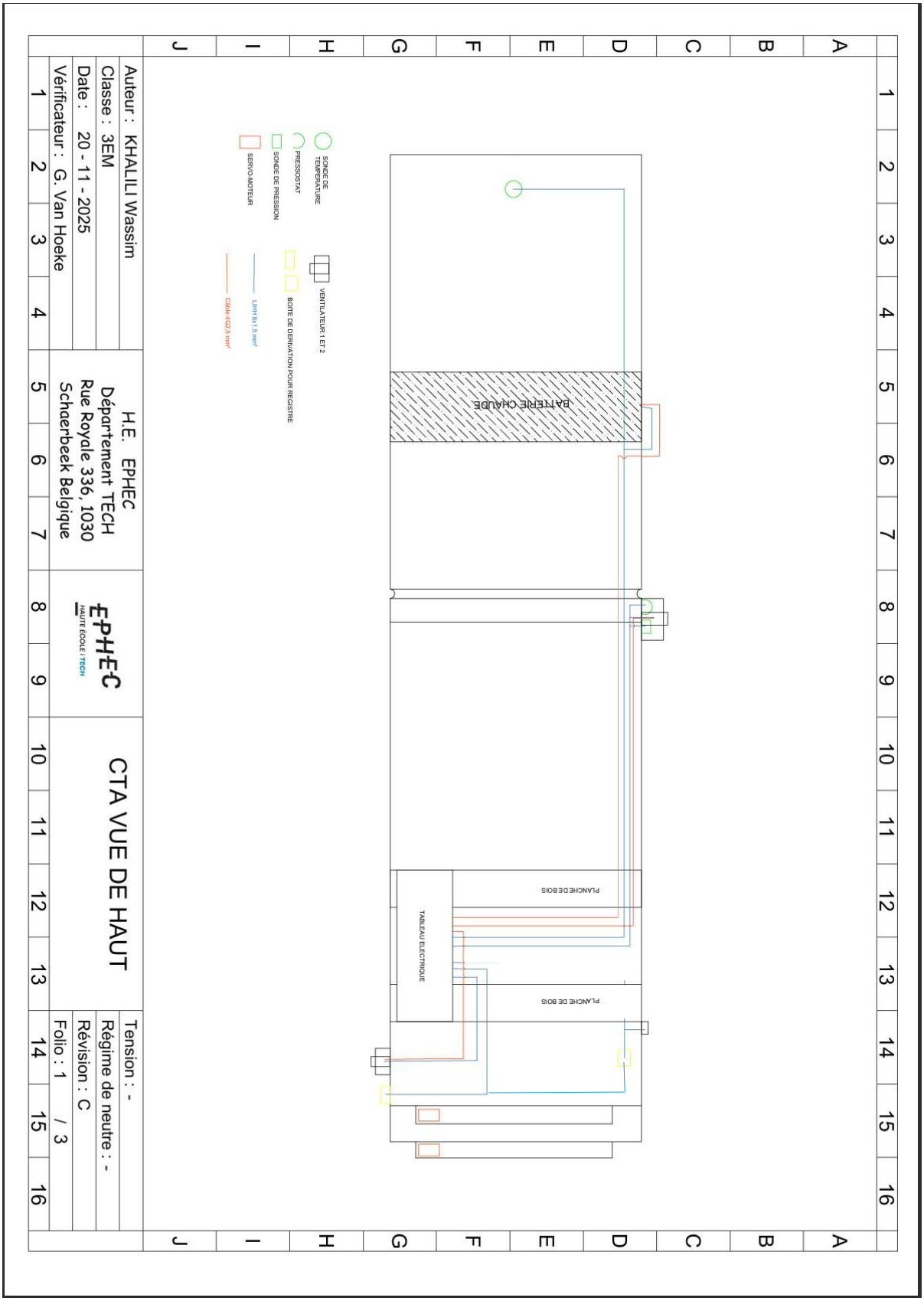


Figure 30 Schéma de câblage de la CTA

Le schéma présenté dans cette section illustre le principe général du cheminement des câbles de la centrale de traitement d'air (CTA). Afin de ne pas alourdir le corps principal du rapport, les schémas complémentaires et plus détaillés, présentant notamment des vues spécifiques et des détails supplémentaires, ont été placés en annexe.

Ces documents permettent d'approfondir la compréhension du cheminement des câbles et constituent un support technique complémentaire pour la maintenance et l'analyse de l'installation.
Le cheminement des câbles de la centrale de traitement d'air (CTA) a été conçu dans une logique de sécurité, de clarté et de facilité de maintenance. Cette étape avait pour objectif d'assurer une organisation structurée des conducteurs reliant le tableau électrique aux différents équipements de la CTA, tout en s'adaptant à la nouvelle implantation de l'installation dans le laboratoire.

Après le démontage de l'ensemble des anciens chemins de câbles et goulottes, de nouveaux cheminements ont été définis afin de repartir sur une base propre et cohérente. Les câbles ont été acheminés en limitant les croisements, en évitant les zones exposées aux contraintes mécaniques et en conservant un accès dégagé aux compartiments de la CTA.

Pour la protection mécanique et l'organisation du câblage, des tubes Polivolt en PVC de diamètre 32 mm ont été utilisés pour le passage de plusieurs câbles regroupés. Lorsque la configuration le permettait et qu'un seul câble devait être acheminé, des tubes Polivolt en PVC de diamètre 20 mm ont été privilégiés, afin de réduire l'encombrement tout en assurant une protection suffisante.

Tubes utilisés

Figure 32 tube Polivolt en pvc 32mm (9)

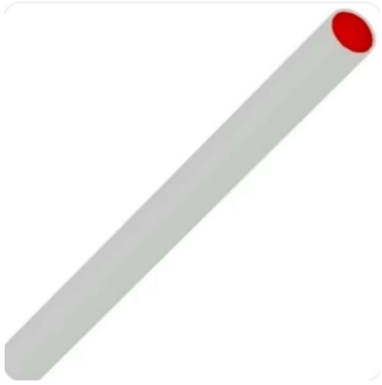


Figure 31 tube Polivolt en pvc 20mm (10)

Utilisation des tubes

Figure 34 illustration de l'utilisation des tubes

Figure 33 deuxième illustration de l'utilisation des tubes

Les tubes ont été fixés solidement à l'aide d'attaches de type Quick visser directement à la CTA, garantissant un maintien fiable et durable des cheminements. Ce mode de fixation permet d'assurer une bonne tenue mécanique des tubes, tout en facilitant d'éventuelles modifications ou interventions futures sur le câblage.

Figure 35 Attaches de type Quick (11)

Des boîtes de dérivation ont été installées à des emplacements stratégiques afin de faciliter les raccordements et les extensions de câblage. Les connexions à l'intérieur de ces boîtes ont été réalisées à l'aide de connecteurs Wago, offrant des raccordements sûrs, rapides et facilement démontables lors des opérations de maintenance.

Une séparation claire entre les câbles de puissance et les câbles de commande a été respectée tout au long du cheminement, contribuant à améliorer la lisibilité de l'installation et à réduire les risques d'erreurs lors des opérations de dépannage ou de modification ultérieure.

L'ensemble de ces choix permet d'obtenir un cheminement de câbles propre, structuré et évolutif, répondant aux exigences de la maintenance électromécanique et assurant une installation durable et sécurisée pour la CTA.

3.4.4. Câblage des capteurs et actionneurs

Le câblage des capteurs et des actionneurs de la centrale de traitement d'air (CTA) a été réalisé de manière structurée depuis le tableau électrique, en respectant la séparation entre les circuits de puissance et les circuits de commande. Les différents départs ont été organisés de façon claire vers les équipements de la CTA, en tenant compte de leur fonction et de leur implantation sur l'installation. Cette approche permet d'assurer une installation lisible, sécurisée et adaptée aux exigences de la maintenance électromécanique, tout en facilitant les interventions et le suivi technique de l'installation.

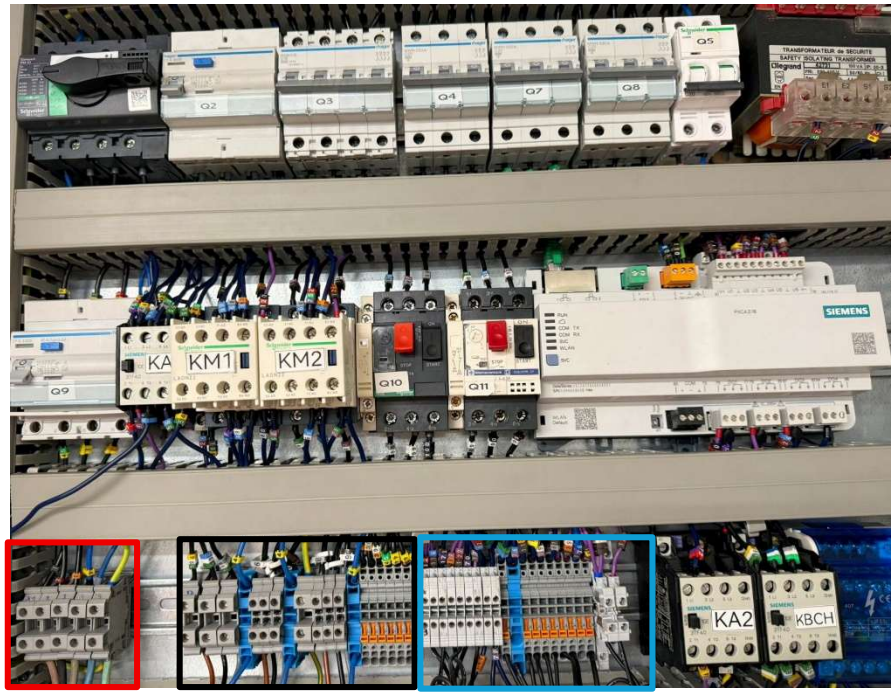


Figure 36 Tableau électrique câbler

Alimentation X1 Puissance X2 Commande X3

Figure 37 Tableau électrique câbler fermer

Câblage des ventilateurs

Les deux ventilateurs de la CTA ont été raccordés électriquement au tableau électrique par l'intermédiaire des circuits de puissance et de commande.
La partie puissance assure l'alimentation des moteurs, tandis que la partie commande permet leur mise en fonctionnement.

Dans un souci de sécurité et de respect des bonnes pratiques de maintenance, le câblage des ventilateurs a été réalisé en passant par un interrupteur, permettant de couper simultanément la puissance et la commande. Cette configuration, qui n'était pas présente auparavant, garantit une mise hors service complète des ventilateurs lors des interventions et réduit les risques électriques et mécaniques.

Les câbles ont été acheminés selon le cheminement défini et protégés mécaniquement. Lors du raccordement, une longueur de câble suffisante a volontairement été laissée, afin de faciliter les interventions de maintenance, les contrôles ou l'ajout ultérieur d'équipements sans devoir reprendre l'ensemble du câblage.

Figure 38 Branchement de la puissance et la commande a l'interrupteur des ventilateurs

Figure 39 Branchement finale des ventilateurs

Câblage de la batterie chaude

La batterie chaude a été câblée afin d'assurer son alimentation électrique et sa commande dans le système de chauffage de la CTA.
Afin de permettre un passage correct et sécurisé des conducteurs, des ouvertures ont été réalisées dans la structure de la CTA, spécifiquement pour le passage des câbles vers la batterie chaude. Ces perçages ont été effectués de manière contrôlée, en tenant compte des contraintes mécaniques de l'installation.

Figure 40 Troue réaliser pour le passage des câbles

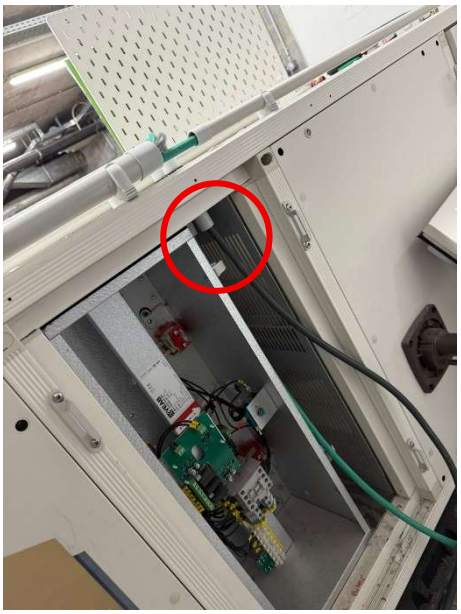


Figure 41 Sortie des câbles de commande et de puissance

Le câblage a ensuite été mis en place avec une protection mécanique adaptée. Comme pour les autres équipements, un jeu de câble a été conservé au niveau des raccordements afin de faciliter les opérations de maintenance, les contrôles ou un remplacement éventuel de la batterie chaude.

Figure 42 Câblage finale de la batterie chaude

Câblage de la sonde de pression (PREMASGARD®212x)

La sonde de pression a été raccordée au circuit de commande de la CTA afin d'assurer la surveillance des pressions dans le circuit d'air.
Dans un souci d'ergonomie et de maintenance, la sonde a été repositionnée par rapport à sa position initiale, afin d'améliorer sa visibilité et son accessibilité, évitant ainsi la nécessité de s'abaisser lors des contrôles.

Afin de faciliter les interventions et d'anticiper d'éventuelles évolutions, une boîte de dérivation a été ajoutée en amont de la sonde de pression. Le câblage a été réalisé de manière soignée, avec une réserve de câble laissée volontairement, permettant un démontage, un repositionnement ou une adaptation future sans contrainte.

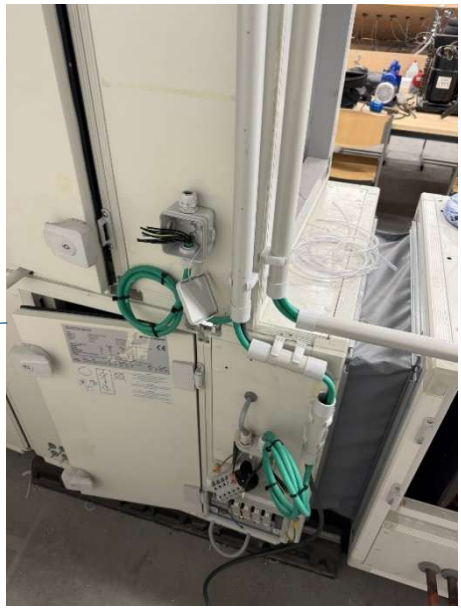


Figure 43 Câblage en cours de la sonde de pression et pressostat

La photo ci-dessous illustre la phase de montage préalable, réalisée avant l'installation définitive de la sonde de pression et du pressostat. Cette étape permet de préparer les supports, le cheminement des câbles et les raccordements nécessaires, afin de garantir une installation propre, accessible et conforme aux exigences de maintenance.

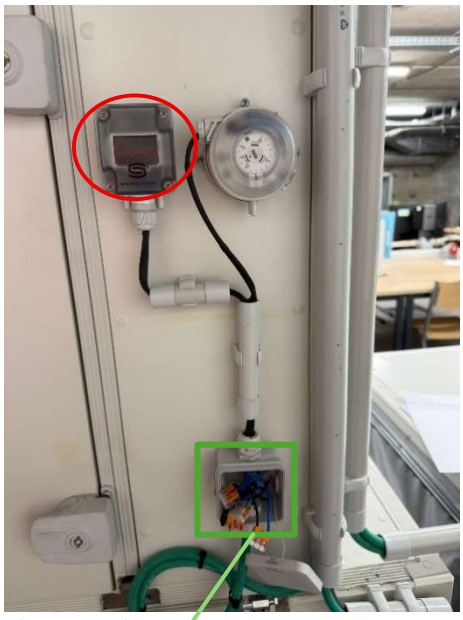


Figure 45 Mise en place de la sonde de pression

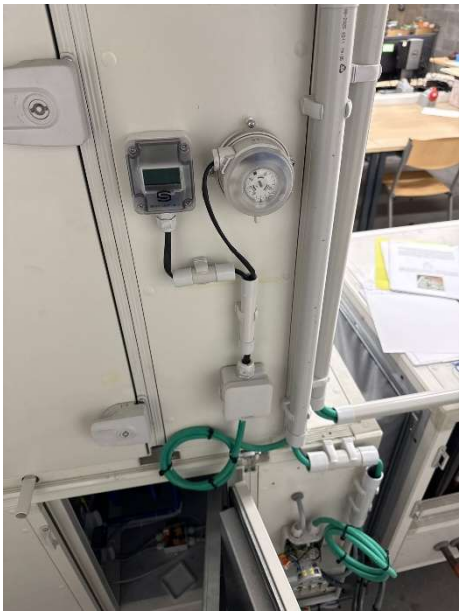


Figure 44 Câblage final de la sonde de pression

Boite de dérivation

Pour les raccordements reliant les boîtes de dérivation à la sonde de pression, des câbles équipés de gaines thermorétractables ont été utilisés. Ce choix permet non seulement d'améliorer la protection mécanique des conducteurs et la fiabilité des connexions, mais également d'assurer une finition plus soignée et esthétique de l'installation.

L'ensemble de ces dispositions contribue à une installation lisible, sécurisée et adaptée aux exigences de la maintenance électromécanique, tout en facilitant les interventions et le suivi technique de la CTA.

Câblage du pressostat

Le pressostat a été raccordé au circuit de commande afin d'assurer une fonction de contrôle et de sécurité liée à la pression dans la CTA.

Dans la même logique que la sonde de pression, le pressostat a été repositionné à une hauteur plus accessible, améliorant la visibilité et facilitant les réglages, les contrôles et les interventions de maintenance.

Figure 46 câblage final du pressostat

Afin d'assurer une fixation correcte sur la CTA, un support spécifique a été réalisé en plexiglas. La découpe de ce support a été effectuée à l'aide d'une découpeuse laser, permettant d'obtenir des dimensions précises et une finition soignée.
Ce support assure un montage propre et stable du pressostat, tout en respectant la structure de la CTA et en garantissant un accès aisé l'équipement pour les réglages et les opérations de maintenance.

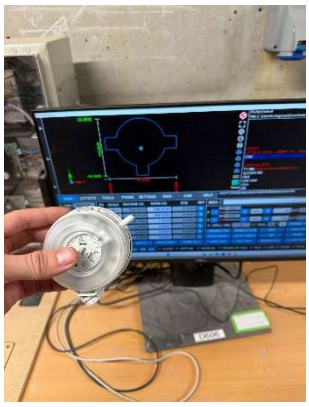


Figure 49 Dimensionnement du support sur pc

Figure 47 Découpeuse laser du Fablab

Figure 48 Apres découpe du support dans le plexiglas

Figure 51 résultat après installation

Figure 50 Pressostat fixer

Une boîte de dérivation a également été ajoutée à proximité du pressostat afin d'organiser les raccordements électriques et de permettre de futures adaptations.
Lors du câblage, un jeu de câble a été conservé, garantissant une flexibilité suffisante pour les interventions ultérieures.

Câblage de la sonde de température PT1000 (TG-KH3)

La sonde de température PT1000 a été raccordée au circuit de commande afin d'assurer la mesure de la température de l'air au sein de la CTA.
Conformément à une demande du professeur encadrant, une boîte de dérivation a été ajoutée en amont de la sonde. Cette configuration permet de faciliter l'ajout futur d'autres capteurs ou équipements de mesure, sans devoir modifier le câblage existant.

Les raccordements à l'intérieur de la boîte de dérivation ont été réalisés de manière claire et sécurisée. Les connexions ont été effectuées à l'aide de deux connecteurs Wago, garantissant des liaisons fiables et facilement démontables. Les conducteurs non utilisés ont été isolés à l'aide de gaines thermorétractables, afin d'assurer une protection électrique adéquate et une finition soignée.

Lors de l'installation, une réserve de câble a été laissée, facilitant ainsi les interventions de maintenance ou les évolutions ultérieures de l'installation.

Figure 52 Mise en place et adaptation de la boite de dérivation

Figure 53 Apres installation de la boite de dérivation

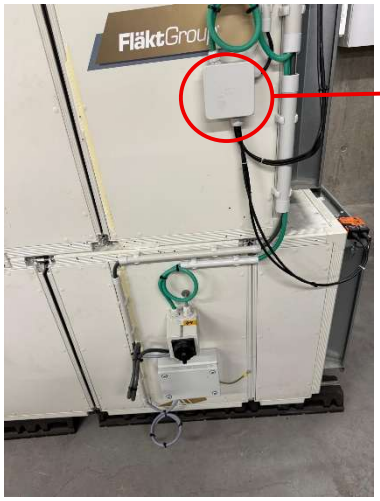
Figure 54 Résultat final de l'installation de la sonde de température

Câblage des servomoteurs de registres (Belimo SM24A-S)

Les servomoteurs commandant l'ouverture et la fermeture des registres de la CTA ont été raccordés sur la partie commande de l'installation. Ces actionneurs permettent de gérer les flux d'air au sein de la CTA en fonction des besoins de fonctionnement.

Les trois servomoteurs de registres ont été regroupés et raccordés à l'aide de deux boîtes de dérivation commune, facilitant l'organisation du câblage et améliorant la lisibilité des connexions. Cette solution permet également de simplifier les interventions de maintenance et d'éventuelles adaptations futures.

Lors du câblage, une réserve de câble a été laissée pour chaque servomoteur, offrant une flexibilité suffisante pour un démontage, un réglage ou un remplacement ultérieur, sans modification du cheminement existant.



Boite de dérivation principale
(Servomoteur 1 et 2)

Figure 55 Boite de dérivation pour les servomoteurs 1 et 2

Figure 57 Passage câble reliant les deux boites de dérivation

Boite de dérivation secondaire
(Servomoteur 3 et bypass)

Figure 56 Boite de dérivation pour le servomoteur 3 et bypass

Bypass

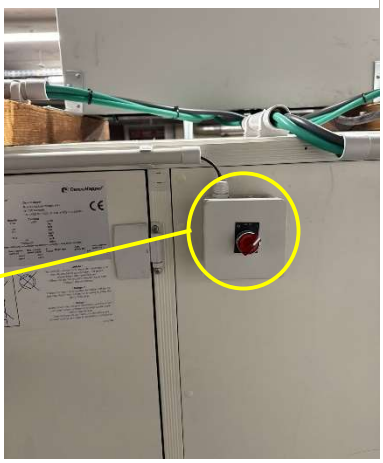


Figure 58 Bypass

L'ensemble de ces opérations de câblage a été réalisé dans une logique de sécurité, de lisibilité et d'évolutivité, permettant d'obtenir une installation fonctionnelle, structurée et adaptée aux exigences de la maintenance électromécanique.

Cette étape finalise le câblage des capteurs et actionneurs de la CTA et prépare l'installation pour les phases de tests, de contrôles et de mise en service.

3.5. Tests, contrôles et validation

3.5.1. Tests de continuité et d'isolement

Avant toute mise sous tension de la centrale de traitement d'air (CTA), des tests de continuité et d'isolement ont été réalisés afin de garantir la sécurité de l'installation et la conformité du câblage électrique. Cette étape constitue un contrôle indispensable permettant de prévenir les risques électriques et d'assurer un fonctionnement fiable des équipements.

Les tests de continuité ont été effectués sur l'ensemble des circuits de puissance et de commande. Ils ont permis de vérifier la bonne liaison entre le tableau électrique et les différents actionneurs et capteurs de la CTA, ainsi que la cohérence des raccordements réalisés. Ces contrôles ont également permis de s'assurer de l'absence de coupure ou de mauvais contact au niveau des borniers, des boîtes de dérivation et des connexions.

Les tests d'isolement ont ensuite été réalisés afin de vérifier l'absence de défaut entre les conducteurs actifs et la masse, ainsi qu'entre les différents conducteurs entre eux. Ces vérifications sont essentielles pour détecter d'éventuels défauts d'isolement susceptibles de provoquer des courts-circuits ou des risques pour les personnes lors de la mise en service.

L'ensemble de ces contrôles a été réalisé et validé en présence du professeur encadrant, permettant de confirmer la conformité du câblage et la qualité du travail effectué. Cette étape a permis de valider l'installation avant la mise sous tension et de poursuivre les essais dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

3.5.2. Vérification des sécurités

Après la validation des tests de continuité et d'isolement, une vérification des dispositifs de sécurité de la centrale de traitement d'air (CTA) a été réalisée avant toute mise en service. Cette étape avait pour objectif de s'assurer que l'installation pouvait fonctionner dans des conditions sûres, tant pour les utilisateurs que pour les intervenants en maintenance.

Les vérifications ont porté sur les dispositifs de coupure et de protection électrique, notamment la possibilité de mettre rapidement l'installation hors tension en cas d'intervention ou d'anomalie. Une attention particulière a été accordée à la coupure simultanée de la puissance et de la commande des ventilateurs via l'interrupteur prévu à cet effet, garantissant une mise en sécurité complète lors des opérations de maintenance.

Les éléments de sécurité liés à la pression, tels que le pressostat, ont également été contrôlés afin de vérifier leur bon raccordement, leur accessibilité et leur cohérence avec le fonctionnement global de la CTA. Le positionnement des capteurs et des dispositifs de sécurité a été évalué afin de garantir une lecture aisée et une intervention rapide si nécessaire.

Enfin, l'organisation générale du câblage et des équipements a été vérifiée afin de s'assurer qu'aucun élément ne présente de risque mécanique ou électrique, et que l'ensemble de l'installation respecte les bonnes pratiques en matière de maintenance électromécanique.

Cette phase de vérification des sécurités a permis de confirmer que la CTA pouvait être mise en service dans des conditions de sécurité satisfaisantes, constituant ainsi une étape indispensable avant les essais fonctionnels.

3.5.3. Test des ventilateurs

Après la validation des tests de continuité, d'isolement et la vérification des dispositifs de sécurité, une tentative de mise en service des ventilateurs de la centrale de traitement d'air (CTA) a été réalisée. Cette étape avait pour objectif de vérifier le démarrage des moteurs et le bon fonctionnement des circuits de puissance et de commande.

Lors de la mise sous tension de l'installation, il a toutefois été constaté que les moteurs des ventilateurs n'ont pas pu démarrer. Les premiers contrôles ont permis d'identifier la présence d'un dysfonctionnement au niveau du tableau électrique, empêchant le fonctionnement correct des ventilateurs.

Étant donné les contraintes de temps, et plus précisément le fait qu'une seule journée était disponible pour effectuer la mise sous tension et les essais, il n'a pas été possible d'identifier et de résoudre complètement l'origine de la panne dans le cadre de ce travail de fin d'études. Les investigations nécessaires auraient nécessité des tests complémentaires et un temps d'analyse supplémentaire.

Cette situation a néanmoins permis de confirmer que la démarche de tests était correctement structurée et que les vérifications préalables avaient été réalisées conformément aux bonnes pratiques. La résolution de cette anomalie constitue ainsi un point d'amélioration à envisager pour la poursuite du projet ou pour une intervention ultérieure.

3.5.4. Validation du fonctionnement global

La validation du fonctionnement global de la centrale de traitement d'air (CTA) a été réalisée sur base des différentes étapes de contrôle et de test effectuées au cours du projet. Cette validation repose principalement sur les vérifications électriques, les tests de sécurité, ainsi que sur l'analyse de la cohérence générale de l'installation.

Dans un premier temps, les tests de continuité et d'isolement ont permis de confirmer la conformité du câblage et l'absence de défauts électriques majeurs. Les dispositifs de sécurité, notamment la coupure simultanée de la puissance et de la commande des ventilateurs via l'interrupteur dédié, ont également été vérifiés et jugés conformes aux bonnes pratiques de maintenance électromécanique.

Lors des premières mises sous tension, un dysfonctionnement a été constaté au niveau des registres motorisés, se traduisant par le déclenchement du disjoncteur. Après analyse, l'origine du problème a été identifiée comme étant un faux contact au niveau du tableau électrique. Une intervention de dépannage a permis de localiser et de corriger ce défaut, ce qui a rétabli le fonctionnement électrique des registres. Cette étape a permis de valider la méthodologie de diagnostic mise en place et la cohérence du câblage des servomoteurs.

Concernant les ventilateurs, leur mise en fonctionnement n'a pas pu être validée. En effet, un dysfonctionnement persistant au niveau du tableau électrique a empêché le démarrage des moteurs. En raison des contraintes de temps, et plus précisément du retard accumulé au cours du projet, dont je porte la responsabilité, la phase de tests sous tension a été limitée à une seule journée. Ce délai n'a pas permis de mener des investigations suffisantes pour identifier et résoudre complètement l'origine de cette panne dans le cadre du présent travail de fin d'études.

Malgré ces limitations, l'ensemble de l'installation présente une structure cohérente, sécurisée et conforme aux objectifs du projet. Les équipements sont correctement implantés, les cheminements de câbles sont organisés, les capteurs et actionneurs sont accessibles, et les principes de maintenance ont été respectés.

Cette validation partielle permet de conclure que la CTA est prête pour une mise en service complète, sous réserve de la résolution du problème identifié au niveau du tableau électrique. La poursuite des essais et la validation finale du fonctionnement dynamique de l'installation pourront être réalisées lors d'une

3.6. Documentation technique et pédagogique

3.6.1. Réalisation du cadastre complet

Cadastre du projet TFE – Remise en état de marche d'une CTA

Description du projet
La centrale de traitement d'air (CTA) sur laquelle je travaille a été démontée au niveau de son câblage et de ces compartiments. Le tableau électrique principal (sectionneur, disjoncteurs, contacteurs et automate) est toujours présent et fonctionnel, mais **aucun lien n'existe plus entre ce tableau et les équipements de terrain** (moteurs, sondes, actionneurs).
De plus, les différents compartiments de la CTA ont été désolidarisés et doivent être **réassemblés et recâblés** pour rétablir la continuité mécanique et électrique.

Équipements existants (en place et fonctionnels)

- Tableau électrique (sectionneur, disjoncteurs, contacteurs, automate).
- Armoires partiellement câblées.

Équipements et actions à remettre en état

- **Recâblage complet** entre tableau électrique et :
  - moteurs (ventilateurs soufflage / extraction),
  - sondes (température, hygrométrie, pression),
  - actionneurs (moteur ventilateur, volets cerveau moteur, vannes).
- **Raccordement des compartiments** de la CTA entre eux (structure).
- **Mise à jour des schémas électriques et fonctionnels.**
- **Tests et mise en service.**

Objectifs

- Reconstituer la logique de commande et de puissance.
- Garantir la communication entre automate et capteurs/actionneurs.
- Vérifier la sécurité électrique et le bon fonctionnement de la CTA.

Résultat attendu

- Une CTA complet, recâblée et remise en état.
- Un dossier technique comprenant : schéma structurel, schéma de câblage, schéma électrique.
- Rapport final documentant la méthodologie et les étapes de remise en service.

Figure 59 Cadastre

La réalisation du cadastre complet de la centrale de traitement d'air (CTA) a constitué une étape essentielle du projet. Ce travail avait pour objectif de recenser de manière précise l'ensemble des équipements électriques et électromécaniques présents sur l'installation, afin d'obtenir une vision claire, structurée et exploitable de la CTA.

Le cadastre a été établi sur base des observations réalisées sur l'installation, des schémas existants et des interventions effectuées durant le projet. Il comprend notamment l'identification des actionneurs (ventilateurs, batterie chaude, servomoteurs de registres), des capteurs (sonde de pression, pressostat, sonde de température PT1000), ainsi que des éléments du tableau électrique (borniers, protections, interrupteurs).

Chaque élément a été identifié en tenant compte de sa fonction, de son emplacement sur la CTA et de son raccordement électrique. Cette démarche permet de faciliter la compréhension globale de l'installation et constitue un support précieux pour la maintenance, le dépannage ou les évolutions futures de la CTA.

La réalisation de ce cadastre complet contribue également à améliorer la traçabilité des équipements et à assurer une meilleure organisation technique de l'installation. Il représente un outil de référence pour toute intervention ultérieure et s'inscrit pleinement dans une démarche professionnelle de maintenance électromécanique.

3.6.2. Création des schémas électriques

Dans le cadre de ce travail de fin d'études, des schémas électriques ont été réalisés afin de représenter de manière claire et structurée le câblage de la centrale de traitement d'air (CTA). Ces schémas permettent de visualiser l'organisation des circuits de puissance et de commande, ainsi que les liaisons entre le tableau électrique et les différents actionneurs et capteurs de l'installation.

La réalisation de ces schémas s'est appuyée sur le câblage effectivement mis en place sur la CTA, garantissant une représentation fidèle de l'installation existante. Ils constituent un support essentiel pour la compréhension du fonctionnement électrique de la CTA, mais également pour les opérations de maintenance, de dépannage ou d'éventuelles modifications futures.

Afin de ne pas alourdir le corps principal du rapport, l'ensemble des schémas électriques détaillés a été placé en annexe. Ces documents techniques complètent le présent travail et permettent une consultation approfondie lorsque nécessaire.

3.6.3. Mise en place d'une documentation pédagogique

Dans le cadre de ce travail de fin d'études, une documentation pédagogique a été mise en place afin de faciliter la compréhension, l'utilisation et la maintenance de la centrale de traitement d'air (CTA). Cette documentation a pour objectif de servir de support didactique pour les étudiants et les intervenants amenés à travailler sur ce poste.

Cette documentation est le résultat d'un travail de synthèse regroupant plusieurs sources complémentaires. Elle combine les éléments issus du présent TFE, des travaux de fin d'études réalisés par les étudiants des années précédentes, ainsi que des documents techniques et pédagogiques mis à disposition par le professeur encadrant pour ce poste de travail. Cette approche permet de capitaliser sur l'expérience acquise au fil des années et d'assurer une continuité pédagogique autour de la CTA.

En complément, un métré détaillé de l'ensemble du matériel nécessaire à l'installation a été réalisé. Celui-ci reprend les différents équipements, câbles et accessoires utilisés ou requis pour la CTA. Afin de ne pas alourdir le corps principal du rapport, ce métré est intégré en annexe, où il constitue un document de référence pour la maintenance, les interventions futures ou les évolutions de l'installation.

La mise en place de cette documentation pédagogique s'inscrit ainsi dans une démarche de transmission des connaissances et de valorisation du travail réalisé, contribuant à une utilisation durable et cohérente de la CTA au sein du laboratoire, en adéquation avec les objectifs de la formation en électromécanique option maintenance.

3.7. Bilan et conformité au cahier des charges

Ce travail de fin d'études avait pour objectif principal la remise en état, le recâblage électrique et la mise en conformité d'une centrale de traitement d'air (CTA), en respectant les exigences définies dans le cahier des charges. À l'issue du projet, un bilan global a été dressé afin d'évaluer le degré d'atteinte des objectifs fixés.

Le projet était en grande partie conforme aux différentes étapes définies dans le cahier des charges. Le remontage de la partie mécanique de l'UTA, la réorganisation et la mise en conformité du tableau électrique, ainsi que le recâblage des circuits de puissance et de commande ont suivi comme prévu.

Les principales pièces, y compris les ventilateurs, la batterie de chauffage, les actionneurs de registre, les équipements de détection et les dispositifs de sécurité ont été correctement identifiés, connectés et ajoutés à l'installation.

Cela a facilité l'application de bonnes pratiques de maintenance car le câblage était bien séquencé, l'utilisation de boîtes de dérivation, l'amélioration de l'accessibilité des capteurs et la réalisation de supports adaptés. La réalisation d'un cadastre complet, la création de schémas électriques et la mise en place d'une documentation pédagogique répondent pleinement aux objectifs de traçabilité et de transmission des connaissances définis dans le cahier des charges.

Toutefois, certaines limites ont été rencontrées, principalement en raison des contraintes de temps. Le retard accumulé au cours du projet a réduit la phase de tests sous tension à une seule journée, ce qui n'a pas permis de finaliser la mise en service complète des ventilateurs. Ce point constitue une non-conformité partielle, liée non pas à la conception ou au câblage, mais à un dysfonctionnement identifié au niveau du tableau électrique, qui nécessiterait des investigations complémentaires.

Malgré cette limitation, l'installation est structurellement conforme au cahier des charges et prête à être pleinement mise en service après résolution du problème restant. Le travail réalisé répond aux objectifs pédagogiques et techniques du projet et constitue une base solide pour la poursuite des essais, les futures interventions de maintenance ou les évolutions de la CTA.

4. Conclusion et perspectives

L'objectif du projet de fin d'année était de restaurer, recâbler et mettre aux normes une unité de traitement d'air (CTA), notamment pour la maintenance électromécanique ainsi que pour des fins éducatives. En travaillant sur ce projet, j'ai pu appliquer les concepts théoriques appris au cours de ma scolarité, et j'ai travaillé méthodiquement et habilement sur une installation technique déjà existante.

Les étapes suivantes du projet ont permis de redessiner l'installation mécaniquement et électriquement. Le tableau électrique lui-même a été réorganisé pour le mettre aux normes, le câblage des circuits de puissance et de commande a été complètement repensé, et l'équipement a été repositionné pour une meilleure accessibilité, lisibilité et maintenabilité.
Le respect des meilleures pratiques, y compris la séparation des différents circuits, l'utilisation de boîtes de dérivation, le développement de supports appropriés, etc., ont été mis en œuvre pour rendre la CTA plus sûre et répondre aux exigences nécessaires pour une installation éducative. La réalisation de ces compétences m'a également permis de réaliser, sur le plan humain et organisationnel d'un projet, les réalités du travail dans des environnements étroitement liés, les compétences en gestion du temps, la priorisation des tâches et la responsabilité.

Comme il y a eu un retard au cours du projet, les tests en direct n'ont eu lieu qu'un jour, de sorte que les ventilateurs n'ont pas été entièrement mis en service pour compléter la phase. Cette restriction, cependant, m'a donné un ensemble de compétences analytiques, diagnostiques et de questionnement accru tout en prouvant combien il est nécessaire de penser à l'avance dans un projet technique.

D'un point de vue technique, les tests de continuité, d'isolation et de sécurité ont confirmé la conformité du câblage en général. Après avoir identifié un faux contact dans le tableau électrique, un dépannage a également été effectué sur les registres motorisés, ce qui a prouvé que la méthodologie de diagnostic déployée était efficace. Bien que l'efficacité complète de la CTA n'ait pas encore pu être confirmée dans le temps imparti, l'installation est maintenant structurellement suffisante pour être mise en service après avoir corrigé les dysfonctionnements les plus récents identifiés.

En ce qui concerne les perspectives futures, la suite du projet consiste à le mener à terme où la mise en service complète de la CTA est d'abord effectuée pour résoudre le problème en cours dans le tableau électrique et ensuite pour effectuer des tests fonctionnels appropriés sur les ventilateurs et autres équipements. À long terme, la CTA pourrait être utilisée comme un système de support éducatif interactif ; cela servirait à incorporer de nouveaux capteurs, analyser des stratégies de contrôle alternatives ou effectuer des travaux liés à la maintenance en temps réel, au diagnostic et à l'optimisation énergétique. Enfin, le matériel éducatif, le registre complet, les schémas électriques et les mesures détaillées développés au cours de ce travail forment une base solide et durable pour les cohortes suivantes. Ce projet constitue donc non seulement une réalisation intellectuelle mais aussi un processus fondamental dans une grande partie de mon développement personnel et professionnel, sur la base des objectifs de la formation en électromécanique option maintenance

5. Bibliographie

1. G. VH. E2144 – INTRODUCTION A l'HVAC Hoeke GV, editor. Bruxelles: Ephec; 2023.

2. TECH E. Ephec. [En ligne].; 2025. Disponible à : https://www.ephec.be/.

3. Istock. [En ligne].; 2022 [consulté le 2025 11 02. Disponible à : https://www.istockphoto.com/search/2/image-film?utm_source=chatgpt.com&phrase=industrial+hvac.

4. Galivel. [En ligne]. [consulté le 2025 11 03. Disponible à : https://www.galivel.com/fr/1-0-2023/communiques-de-presse/centrales-de-traitement-dair-quels-choix-retenir-pour-realiser-des-economies-denergie.

5. DARIMONT D. Bruxeo. [En ligne].; 2019 [consulté le 2025 11 01. Disponible à : https://www.bruxeo.be/fr/system/files/media/2.%20Commissioning.pdf.

6. CEBEO. CEBEO. [En ligne].; 2024 [consulté le 2025 12 19. Disponible à : https://www.cebeo.be/catalog/fr-be/products/speciale-kabel-lihh-cca-s1d2a1-ls0h-vert-numerote-8g1-5mm-5472029.

7. KABEL. KABEL SHOP. [En ligne].; 2024 [consulté le 2025 12 19. Disponible à : https://www.kabelshop.nl/ProCable-Buitenkabel-4x-2-5-mm-XMVK-100-meter-0126656-17234-i8312-t22271.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PPC-SEA-BE-Google-Sho-B-Kabels-Villains&gad_source=1&gad_campaignid=20439640932&gbraid=0AAAAACZvhHvulO4bFA.

8. ROADLOISIRS. ROADLOISIRS. [En ligne].; 2023 [consulté le 2025 12 19. Disponible à : https://www.roadloisirs.com/fr-FR/cable-electrique-15-mm2-bleu-au-metre_TB00362G.htm?srsltid=AfmBOoq0yKtUwmE_8k0O8jVVAJrwKhlpw-3AtUGeB0NWvMipe3Pmz-g2.

9. CEBEO. CEBEO. [En ligne].; 2022 [consulté le 2025 12 20. Disponible à : https://www.cebeo.be/catalog/fr-be/products/pipelife-tube-polivolt-pvc-32mm-cebec-ral7035-gris-clair-type-3231-3388169.

10. CEBEO. CEBEO. [En ligne]. [consulté le 2025 12 20. Disponible à : https://www.cebeo.be/catalog/fr-be/products/pipelife-tube-polivolt-pvc-20mm-cebec-ral7035-lowfriction-gris-clair-type-3231-3388164.

11. CEBEO. CEBEO. [En ligne]. [consulté le 2025 12 20. Disponible à : https://www.cebeo.be/catalog/fr-be/products/obo-bettermann-attache-quick-gris-m20-3547103.

ANNEXES

EPHEC TECH

Rue Royale 336, 1030
Schaerbeek Belgique
Belgique

Tél : +32 2 242 37 80
Site : www.ephec.be

Stagiaire

Nom : Khalili Wassim

Classe : 3EM

Option : Electromecanique

E-mail : w.khalili@students.ephec.be

Année : 2025 - 2026

Projet - TFE

Nom : EPHEC / CTA POSTE 17

Description : Schéma de TD - CTA

Adresse : Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique

Nom du tableau : TD CTA

INDICE	MODIFICATION	DATE	ÉDITÉ PAR
A	Modification suivant l'exemple PRO	19 - 11 - 2025	K. Wassim
B	Modification suivant l'exemple PRO	19 - 11 - 2025	K. Wassim
C	Modification suivant l'exemple PRO	21 - 11 - 2025	K. Wassim

Nombres de page : 15

Table des matières

Page	Description de page	Date	Éditeur
1	Page de Garde	20 - 11 - 2025	K. Wassim
2	Table des Matières	20- 11 - 2025	K. Wassim
3	Prescription Techniques	20 - 11- 2025	K. Wassim
4	Listes Composants	20 - 11 - 2025	K. Wassim
5	Schéma de distribution	20 - 11 - 2025	K. Wassim
6	Schéma de commande 1	20- 11 - 2025	K. Wassim
7	Schéma de commande 2	20 - 11 - 2025	K. Wassim
8	Registres d'isolement	20- 11 - 2025	K. Wassim
9	Schéma Batterie chaude	20- 11 - 2025	K. Wassim
10	Schéma moto-ventilateurs	20 - 11 - 2025	K. Wassim
11	Schéma alimentation	20 - 11 - 2025	K. Wassim
12	Schéma borniers puissance	20 - 11 - 2025	K. Wassim
13	Schéma borniers commande	20 - 11 - 2025	K. Wassim
14	Schéma borniers commande	20 - 11 - 2025	K. Wassim
15	Schéma borniers commande	20 - 11 - 2025	K. Wassim

EPHEC
HAUTE ÉCOLE | TECH

DISPOSITIONS D'EXÉCUTION TECHNIQUES

EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH

COULEURS DES CONDUCTEURS

Utilisation	Couleur
Phase 400/230V AC	Brun/ Noir/ Gris
Neutre	Bleu clair
24V AC	Bleu foncé
Commande I/O Automate	Mauve
Protection Terre "PE"	Vert / Jaune

SECTIONS DES CONDUCTEURS

Section	Utilisation principale
1 mm²	I/O Automate, Sondes
1,5 mm²	Alimentation disjoncteurs 16A
2,5 mm²	Alimentation disjoncteurs 20A
6 mm²	Alimentation disjoncteurs 32A
10 mm²	Alimentation disjoncteurs 40A

Remarques : Toutes les sections sont choisies en conformité avec les recommandations RGIE.

TENSION & PROTECTION

- Tension principale : 3 x 400V + N
- Régime neutre : TT
- Alimentation secondaire : 24V AC
- Protections
  - Q2 : Différentiel 63A / 0.3A
  - Q9 : Différentiel 40A / 300mA
  - Q3 à Q11 : Disjoncteurs divisionnaires
  - T1 : Transformateur 400V / 24V

Borniers

Repère	Fonction
X1	Alimentation
X2	Equipements de puissance
X3	Equipements de commande

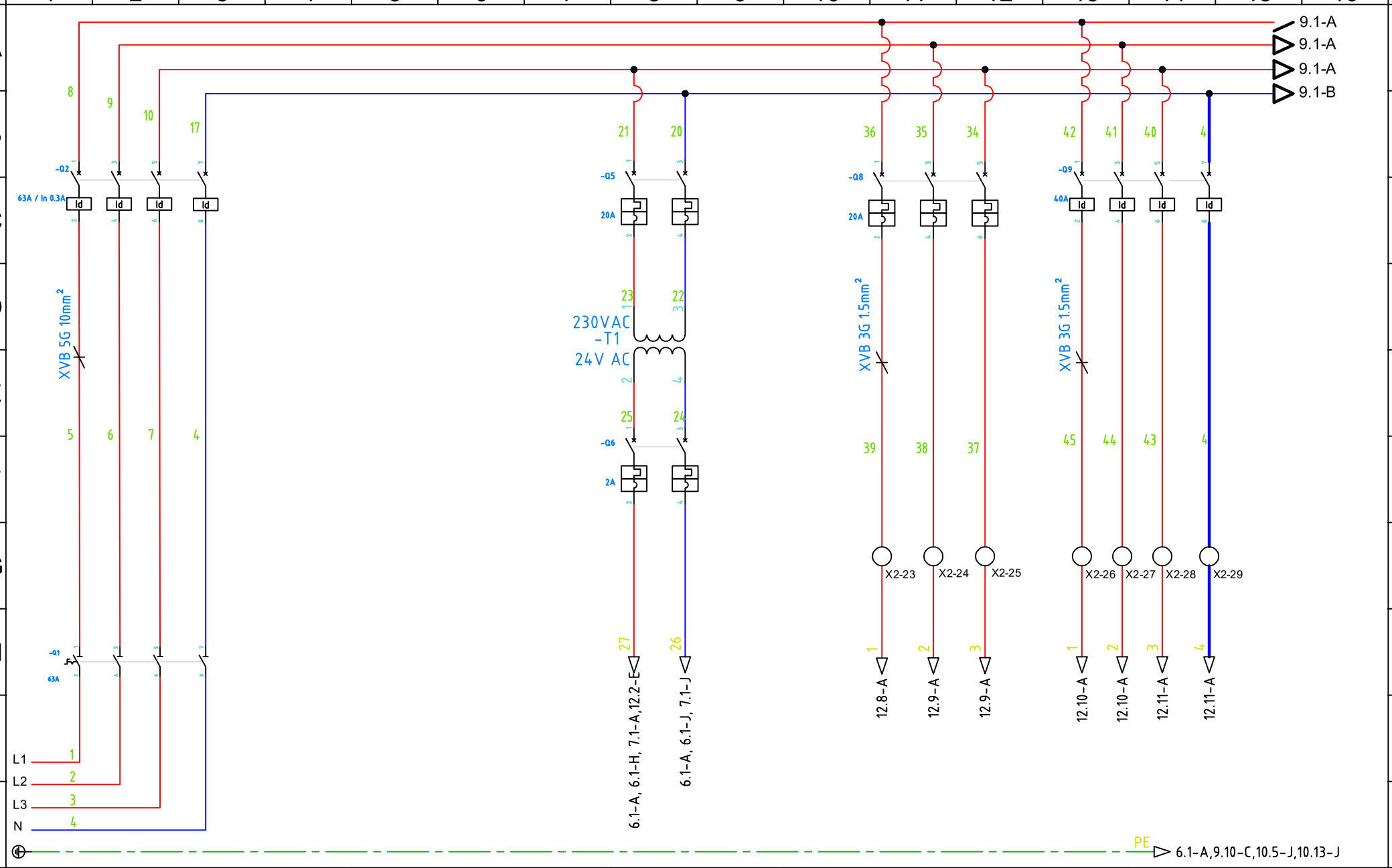
REPÉRAGE & DÉSIGNATION

- Disjoncteurs : Q1 à Q11
- Contacteurs / Relais : 7KA1, 7KA2, 6KM1, 6KM2 & 6KA1
- Automate Siemens : PXC4.E16
- Moteurs EC : M1, M2
- I/O : 12Ux & 4 DO
- Servo-Moteurs : M3, M4, M5

Liste des composants

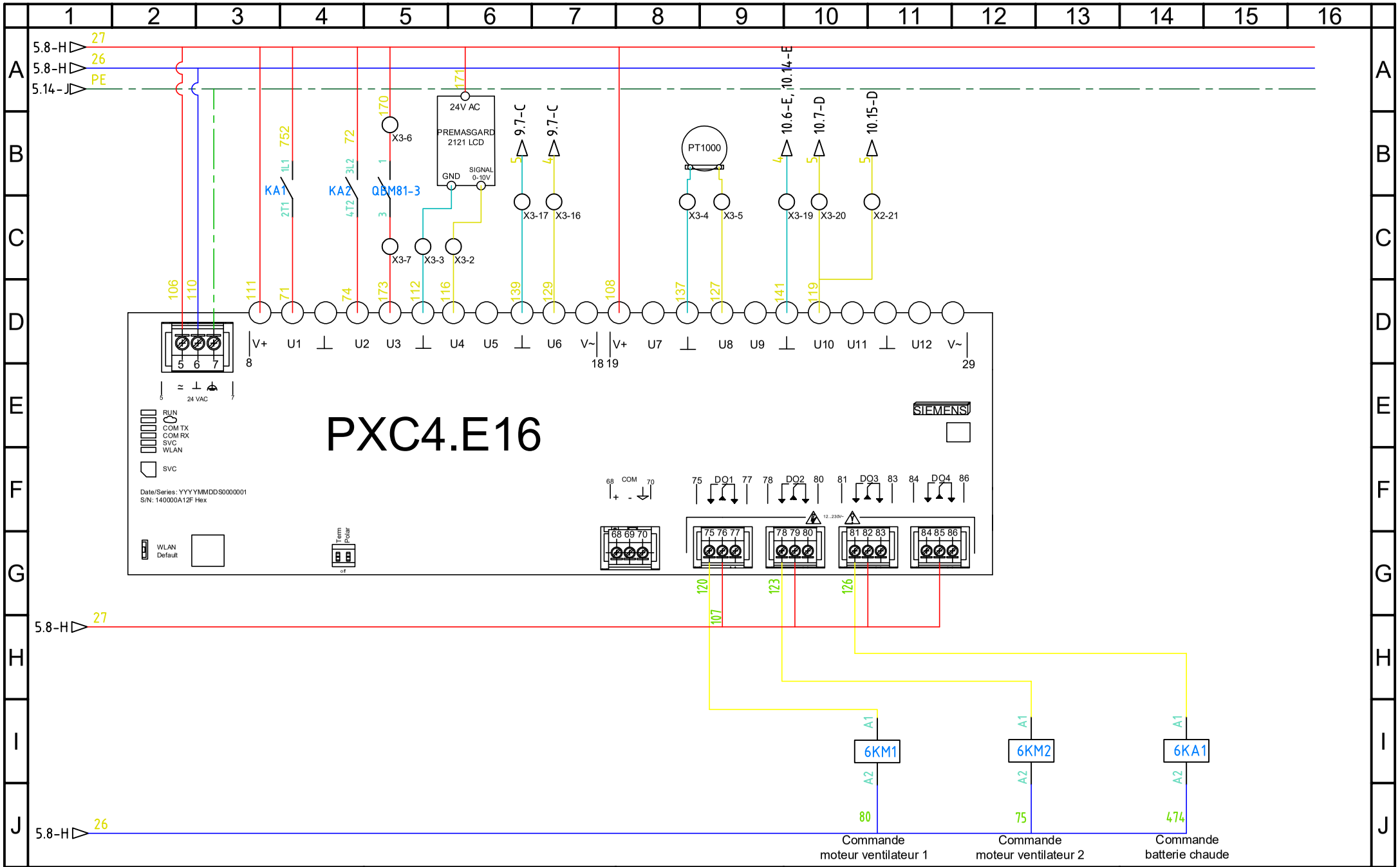
Composant	Désignation	Fabricant	Référence
Q1	Sectionneur Général	Schneider	INS63
Q2	Différentiel Général	Hager	CFA463E
Q3	Disjoncteur	Hager	NGN416
Q4	Disjoncteur	Hager	MWN320A
Q5	Disjoncteur	Schneider	iC60N
Q6	Disjoncteur	ABB	EP32 C2
Q7	Disjoncteur	Hager	MWN320A
Q8	Disjoncteur	Hager	MWN320A
Q9	Différentiel	Hager	CFA440E
Q10	Disjoncteur	Schneider	GVME10
Q11	Disjoncteur	Telemecanique	GV2ME14
KA1	Contacteur	Siemens	3TF40
KA2	Contacteur	Siemens	3TF40
6KM1	Contacteur	Schneider	LADN22
6KM2	Contacteur	Schneider	LADN22
6KA1	Contacteur	Siemens	3TF40
PXC	Automate Programmable	Siemens	PXC4.E16

Composant	Désignation	Fabricant	Référence
M1	Moteur EC 1	Ziehl-Abegg	RH31C-2QD.DC.1R
M2	Moteur EC 2	Ziehl-Abegg	RH31C-2QD.DC.1R
M3	Servomoteur 1	Belimo	SYS-24
M4	Servomoteur 2	Belimo	SYS-24
M5	Servomoteur 3	Belimo	SYS-24
YE	Lampe témoin orange	Schneider	XVP-C6B
GN	Led verte	Hager	ZBV-B3
RD	Led rouge	Hager	ZBV-B3
S1	Bouton arrêt d'urgence	Schneider	ZEN-L 1111
S2	Bouton arrêt	Schneider	ZEN-L 1111
S3	Bouton marche	Schneider	ZEN-L 1111
PT1000	Sonde de température	Regin	TG-KH3
Sonde	Sonde de pression	Premasgard	2121 LCD
Pressostat	Contact NO du pressostat	Danfos	QBM81-3



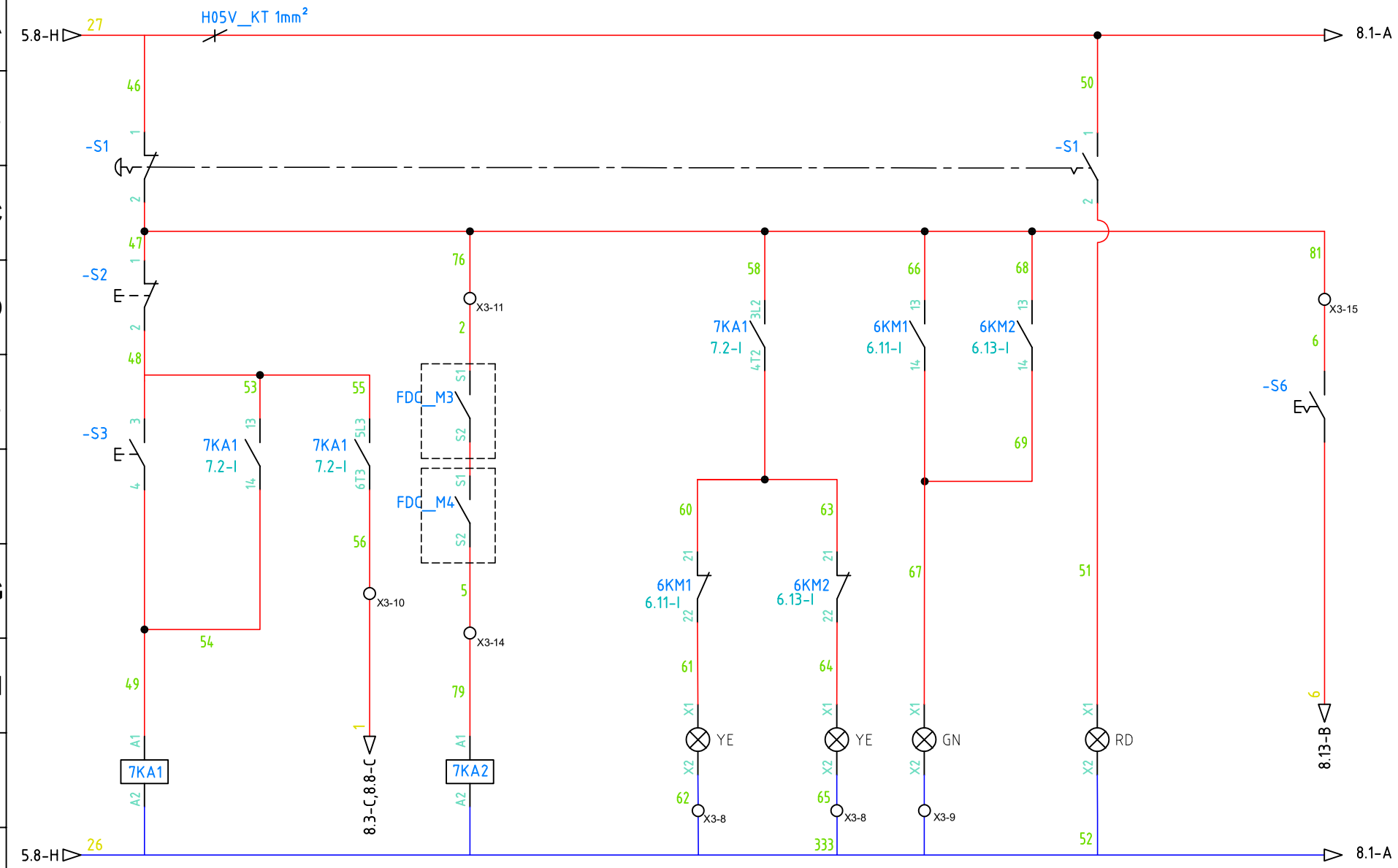
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH	Schéma de distribution CTA
Classe : 3EM			
Date : 19 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : 3 X 400V + N	
Régime de neutre : TT	
Révision : C	
Folio : 5 / 15	



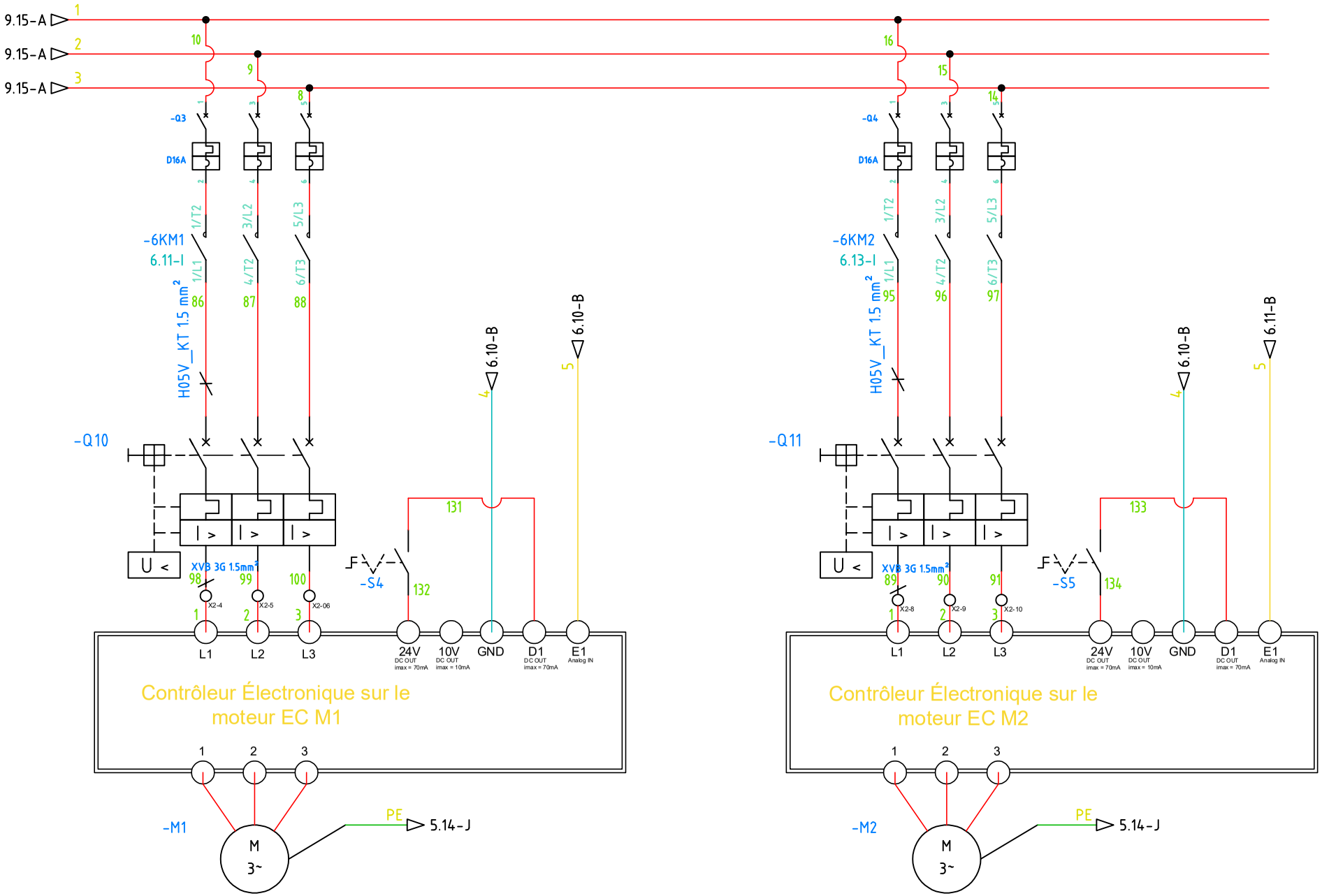
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE I TECH	Schéma de commande PXC4
Classe : 3EM			
Date : 19 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : 24V AC
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 6 / 15



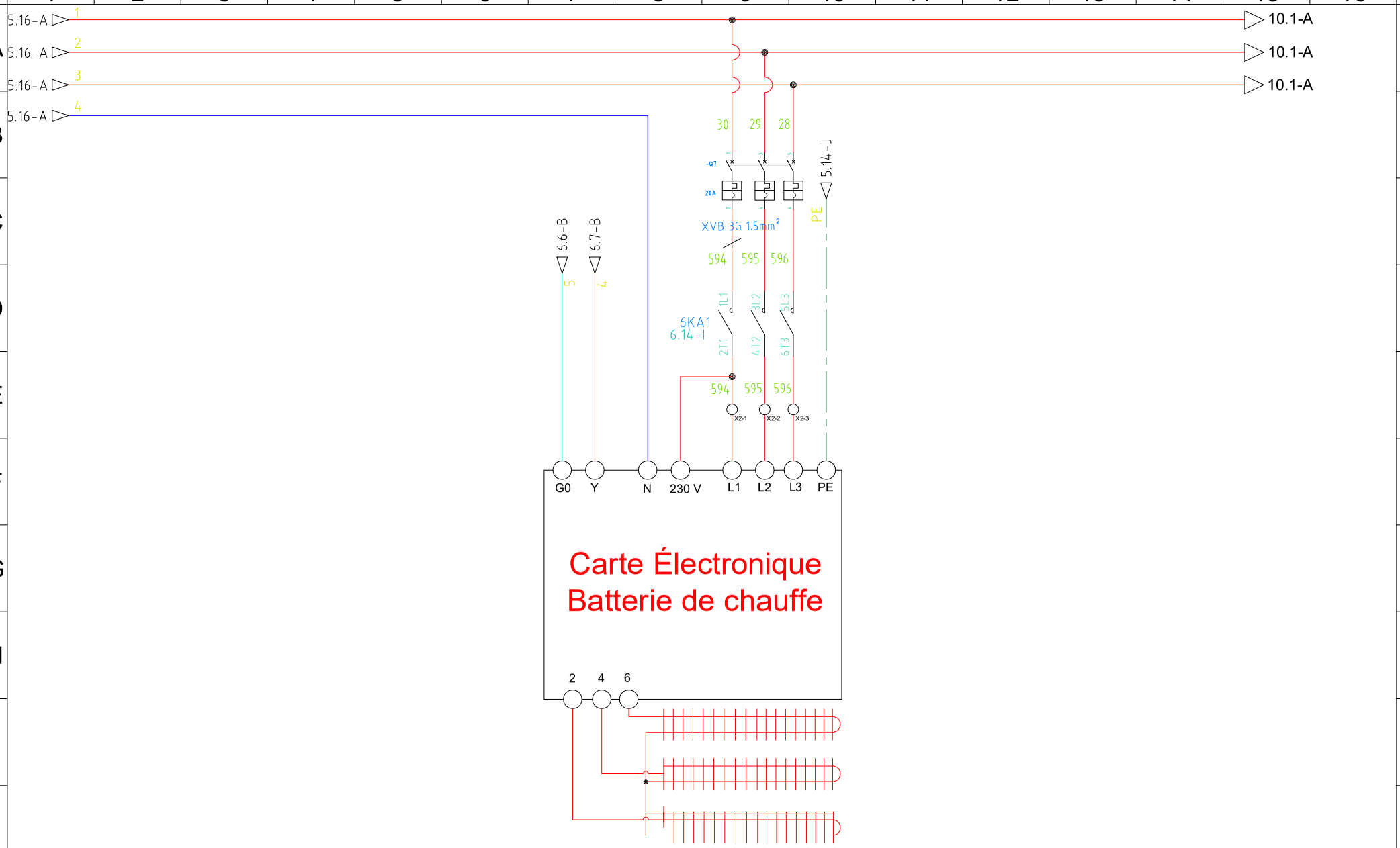
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE ! TECH	Schéma de commande
Classe : 3EM			
Date : 19 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : 24V AC
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 7 / 15



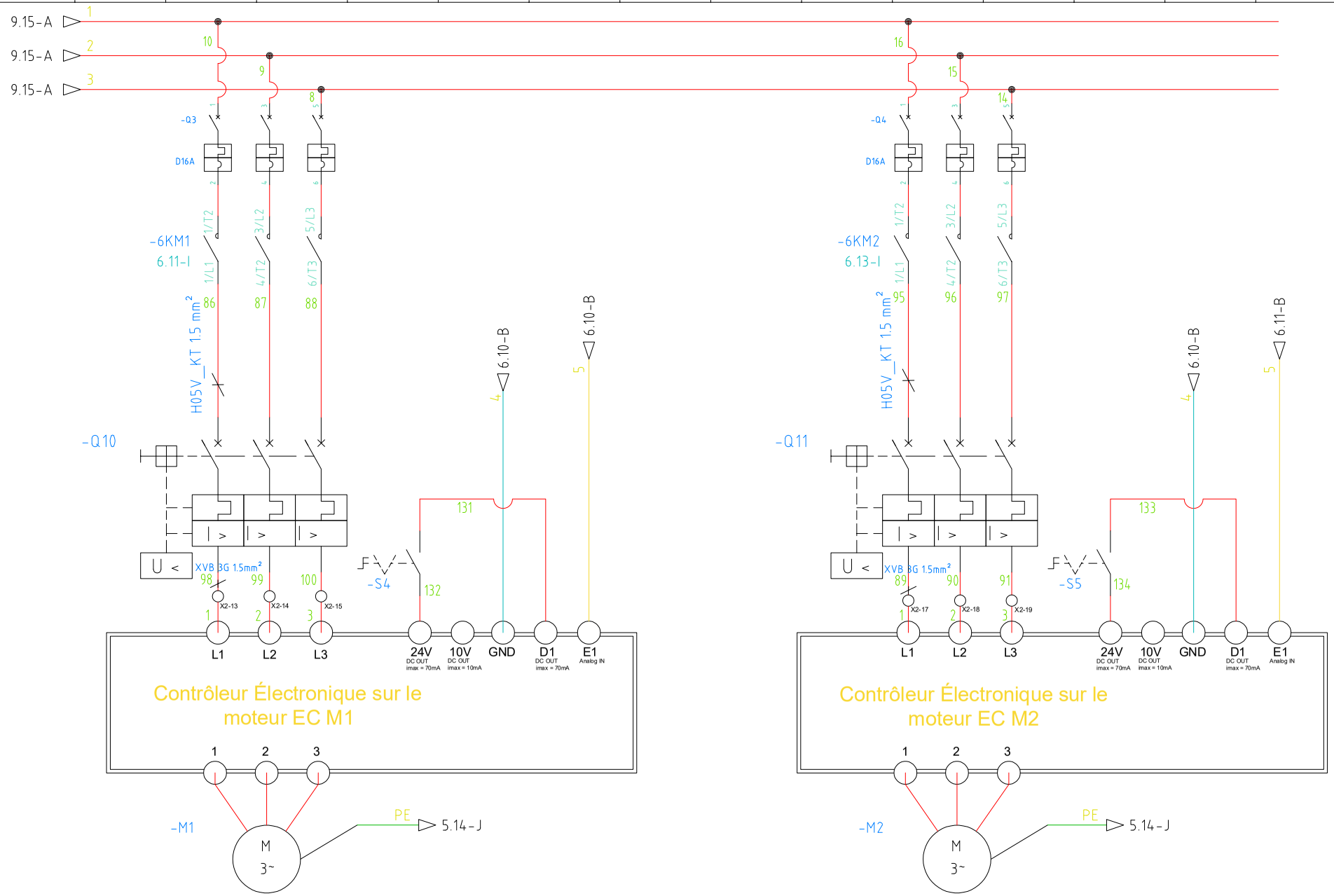
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH	Commande des moto-ventilateurs
Classe : 3EM			
Date : 19 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : 24V AC	
Régime de neutre : -	
Révision : C	
Folio : 8	/ 15

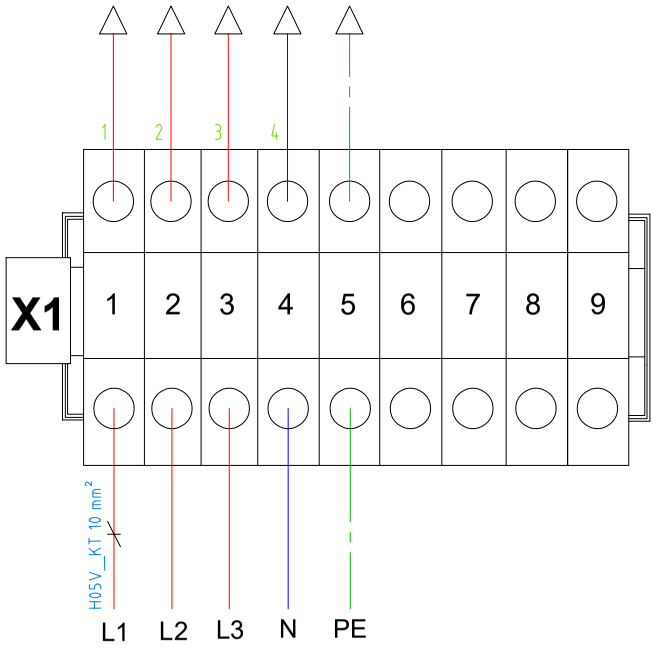


Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE / TECH	Commande Batterie Chaude
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

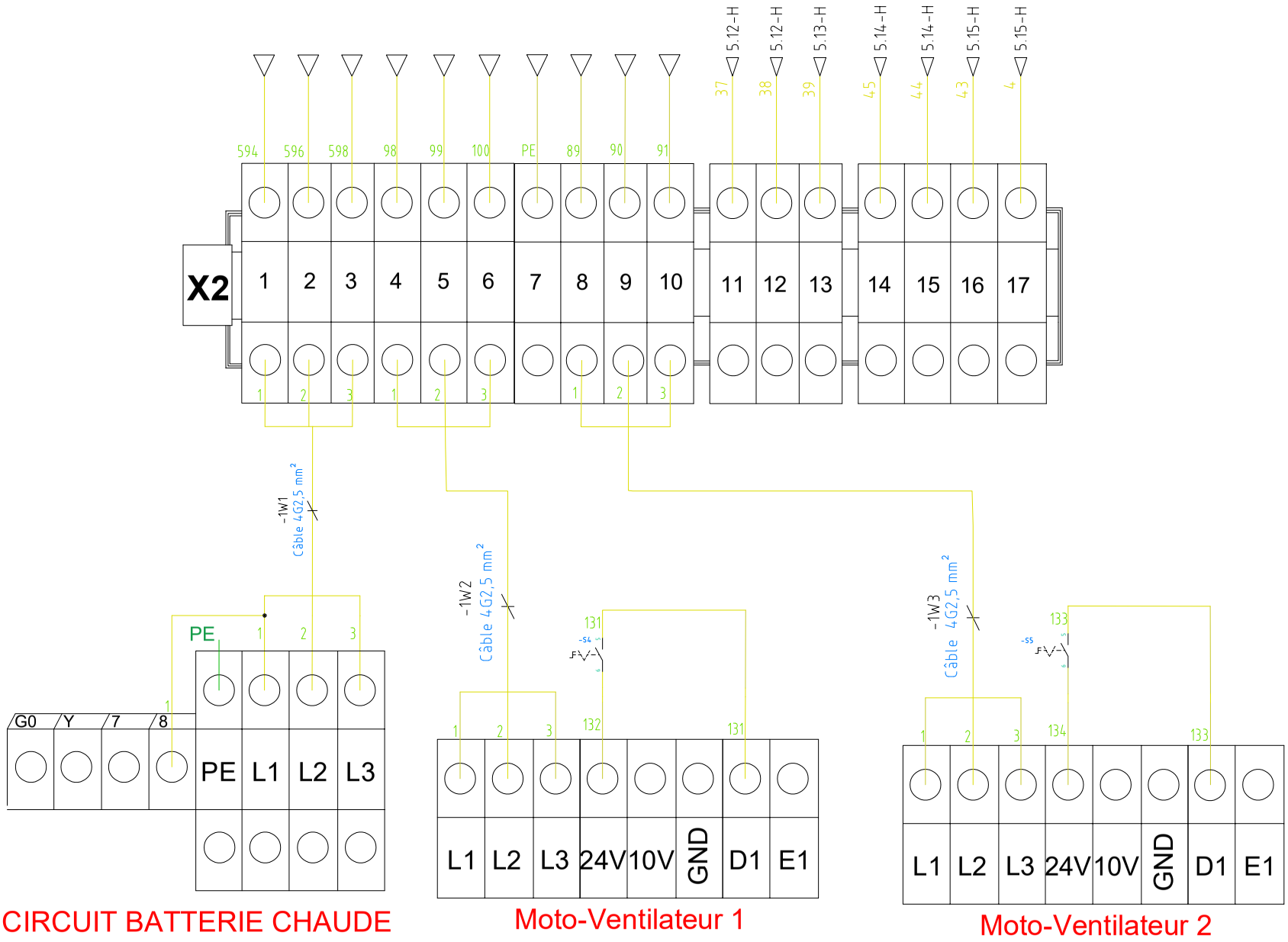
Tension : 400V AC / 24V AC
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 9 / 15



Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH	Commande des moto-ventilateurs	Tension : 400V AC / 24V AC
Classe : 3EM				Régime de neutre : -
Date : 20 - 11 - 2025				Révision : C
Vérificateur : G. Van Hoeke				Folio : 10 / 15

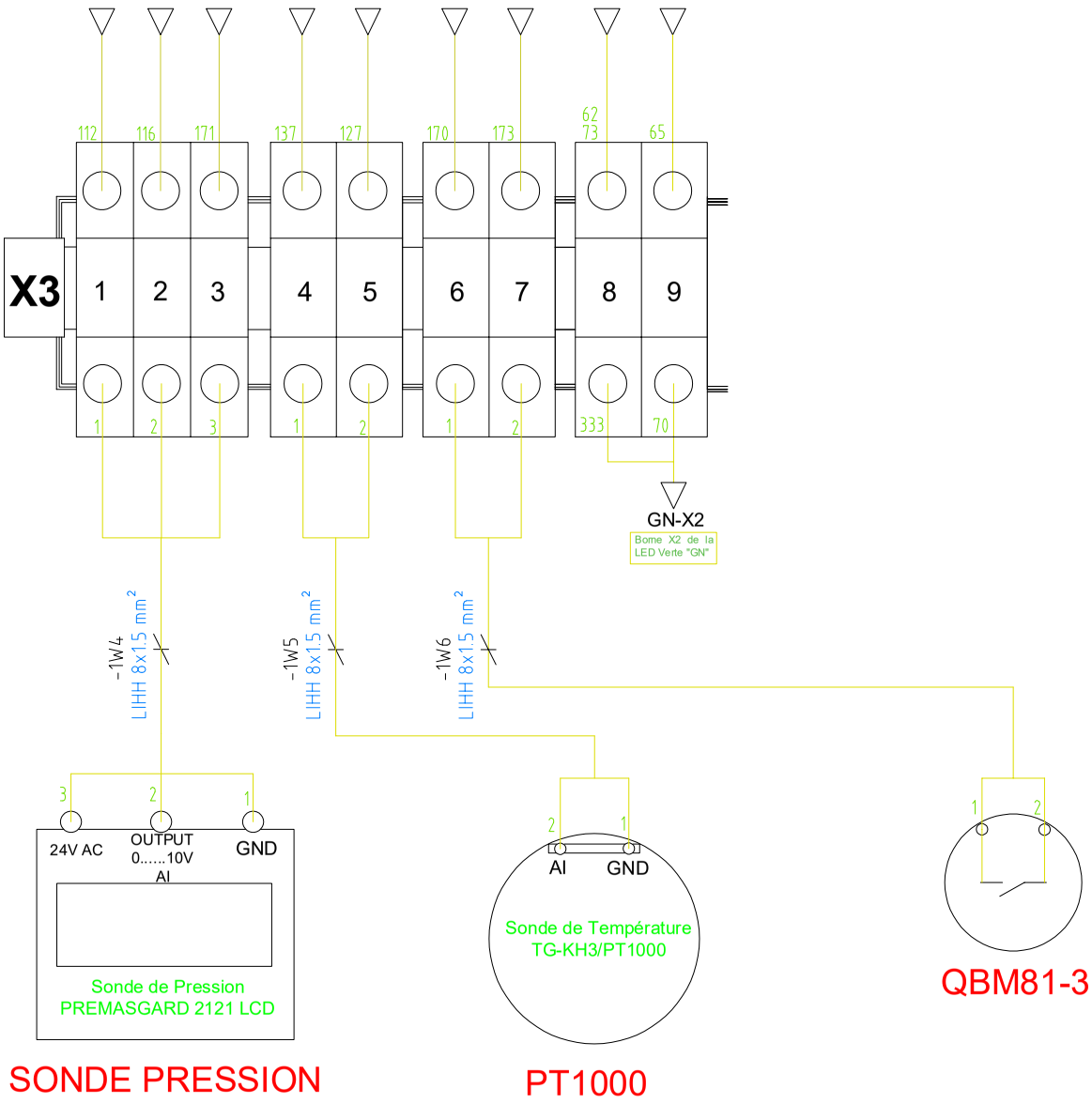


Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	Schéma Borniers X1 Alimentation	Tension : 3 x 400V AC + N
Classe : 3EM			Régime de neutre : -
Date : 20 - 11 - 2025			Révision : C
Vérificateur : G. Van Hoeke			Folio : 11 / 15

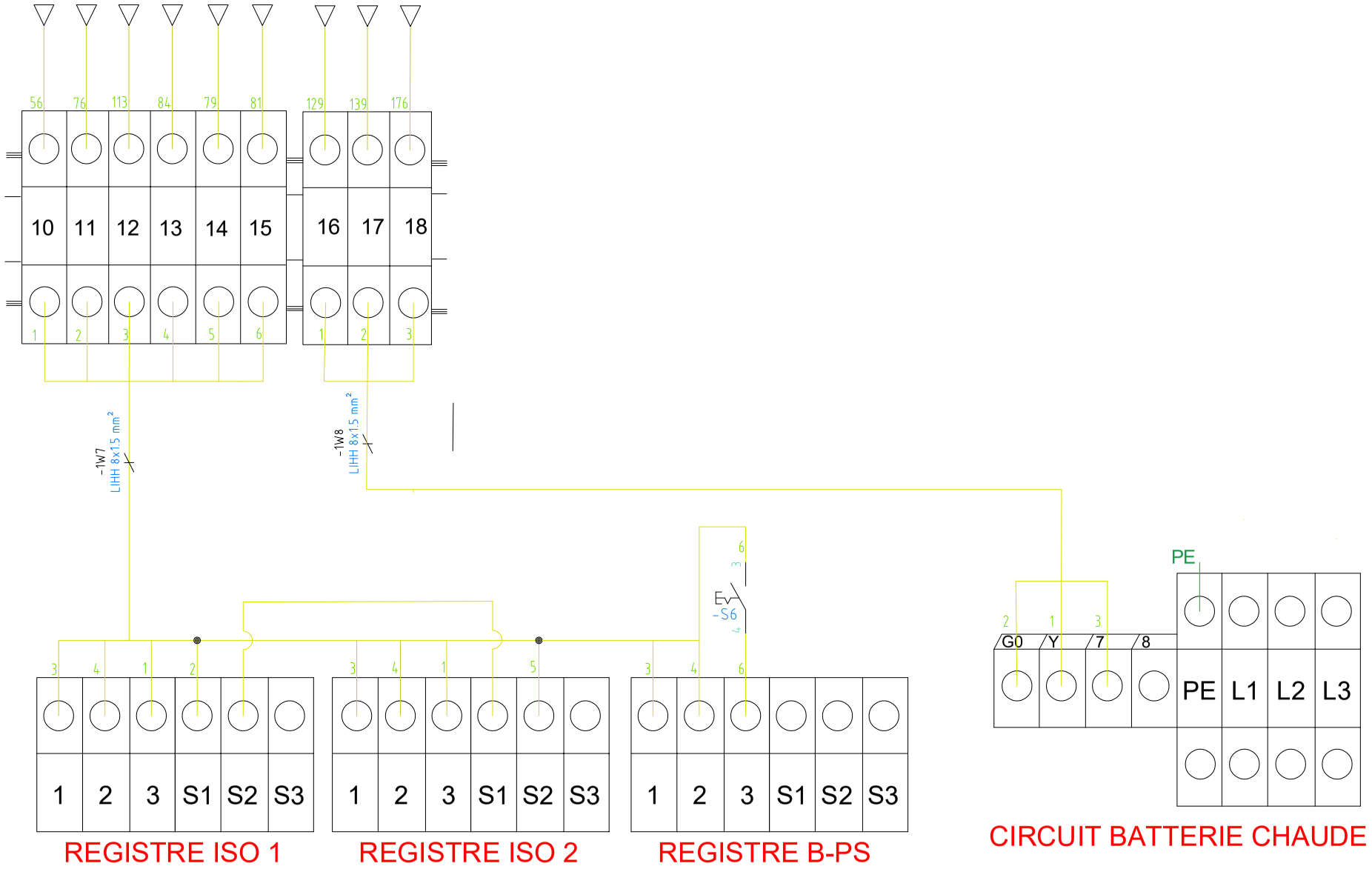


Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH	Schéma Borniers X2 Puissance
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

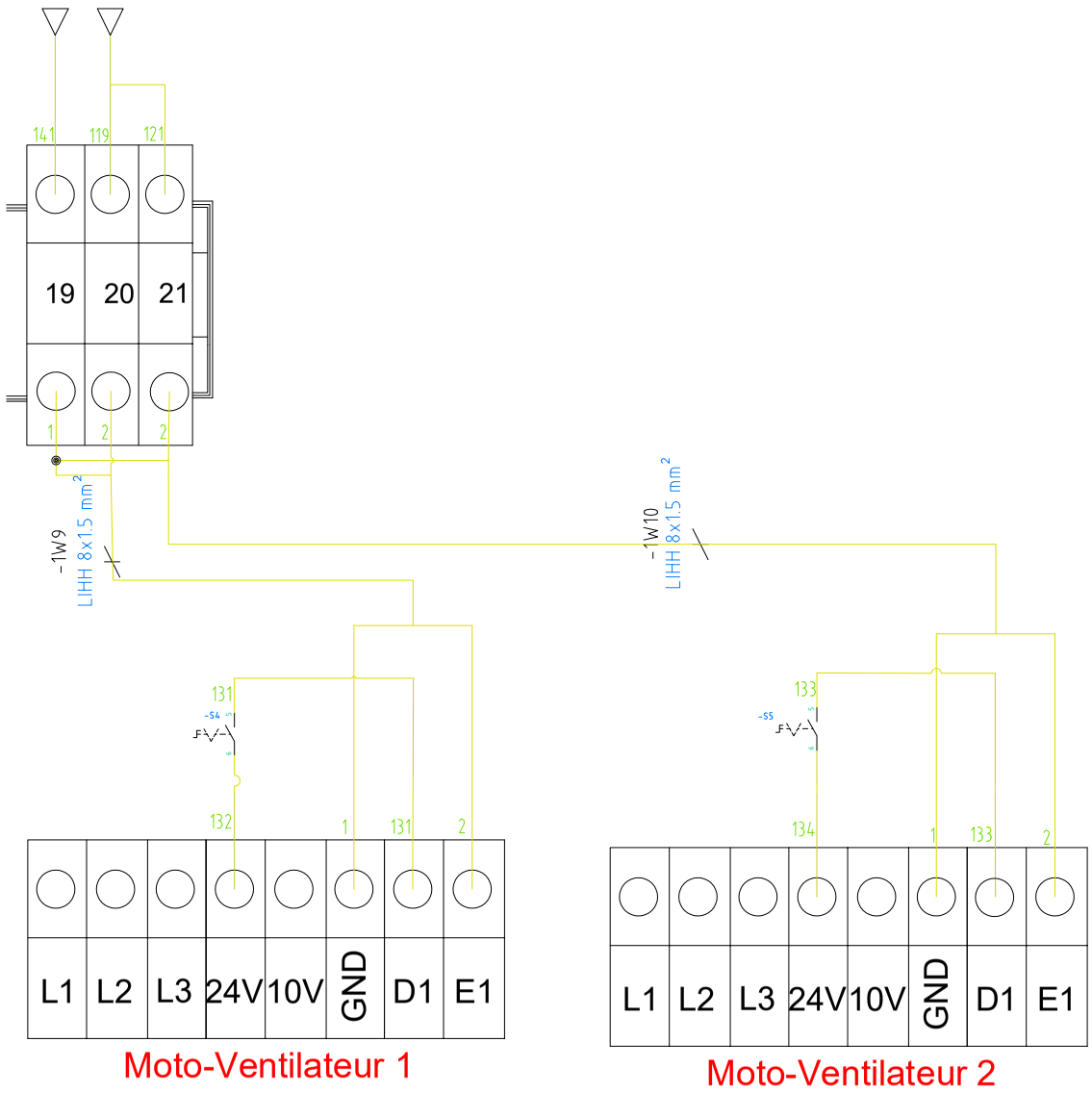
Tension : 400V AC
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 12 / 15



Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE i TECH	Schéma Borniers X3 Commande	Tension : 24V AC
Classe : 3EM				Régime de neutre : -
Date : 20 - 11 - 2025				Révision : C
Vérificateur : G. Van Hoeke				Folio : 13 / 15

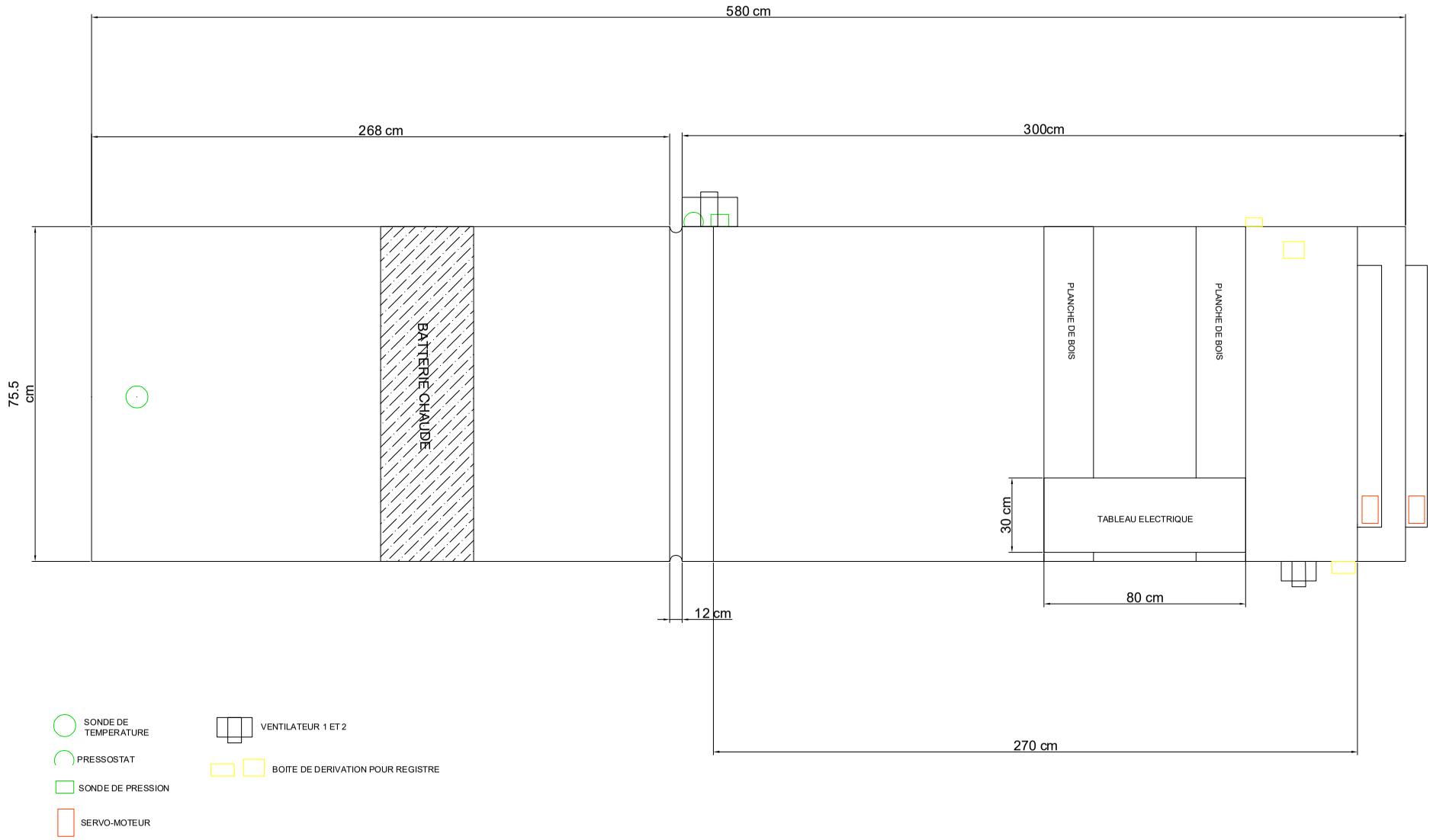


Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	Schéma Borniers X3 Commande	Tension : 24V AC
Classe : 3EM			Régime de neutre : -
Date : 20 - 11 - 2025			Révision : C
Vérificateur : G. Van Hoeke			Folio : 14 / 15



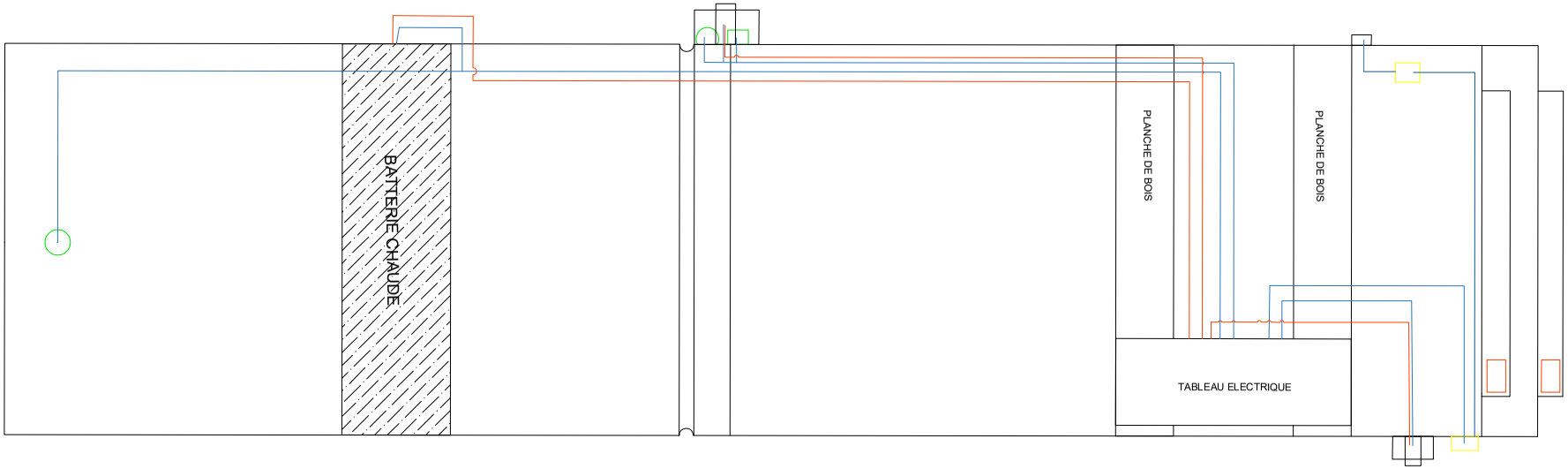
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE | TECH	Schéma Borniers X3 Commande
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : 24V AC	
Régime de neutre : -	
Révision : C	
Folio : 15	/ 15



Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE I TECH	CTA VUE DE HAUT DIMENSION
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : -
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : - / -



SONDE DE TEMPERATURE

PRESSOSTAT

SONDE DE PRESSION

SERVO-MOTEUR

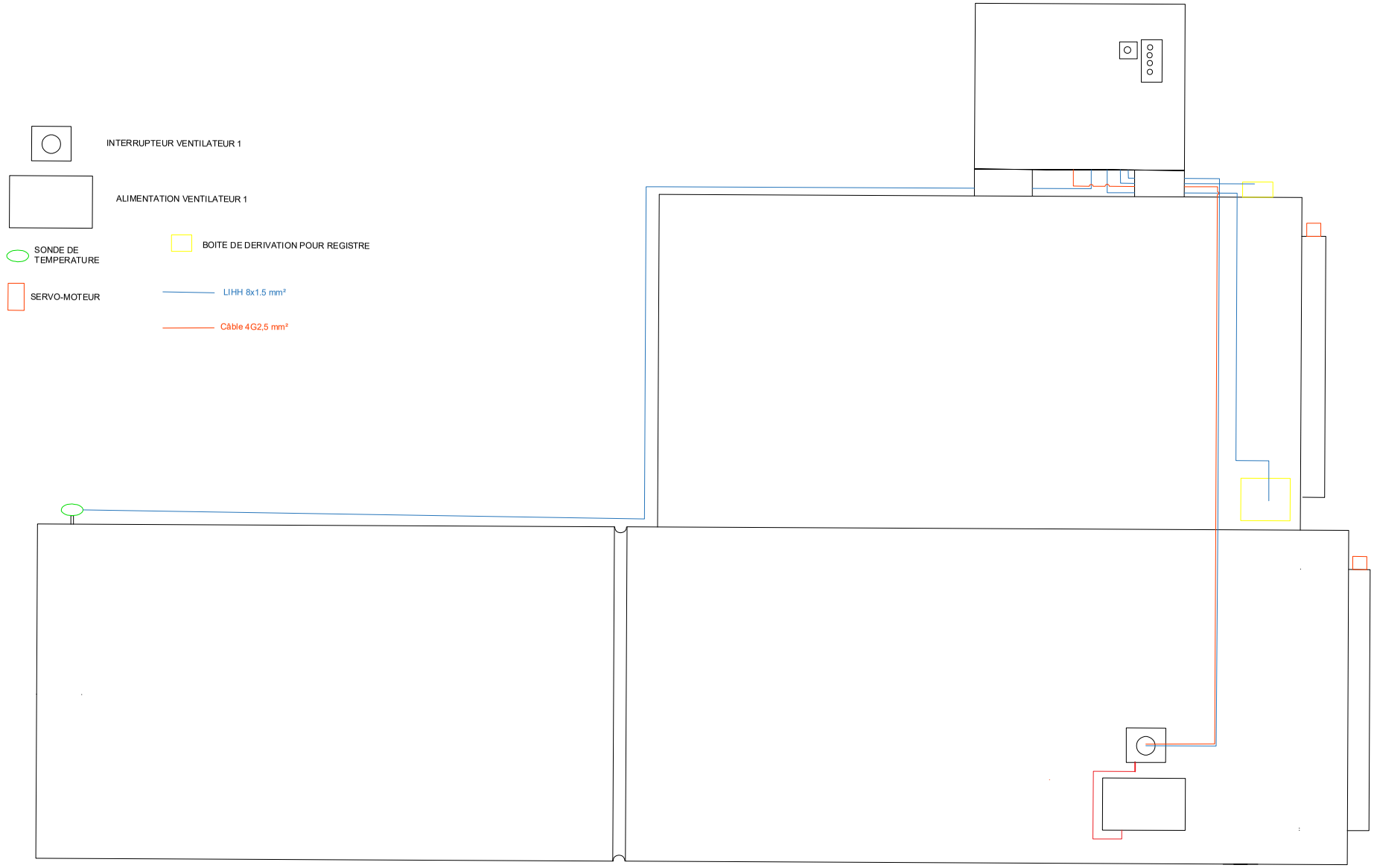
VENTILATEUR 1 ET 2

BOITE DE DERIVATION POUR REGISTRE

LIHH 8x1.5 mm²

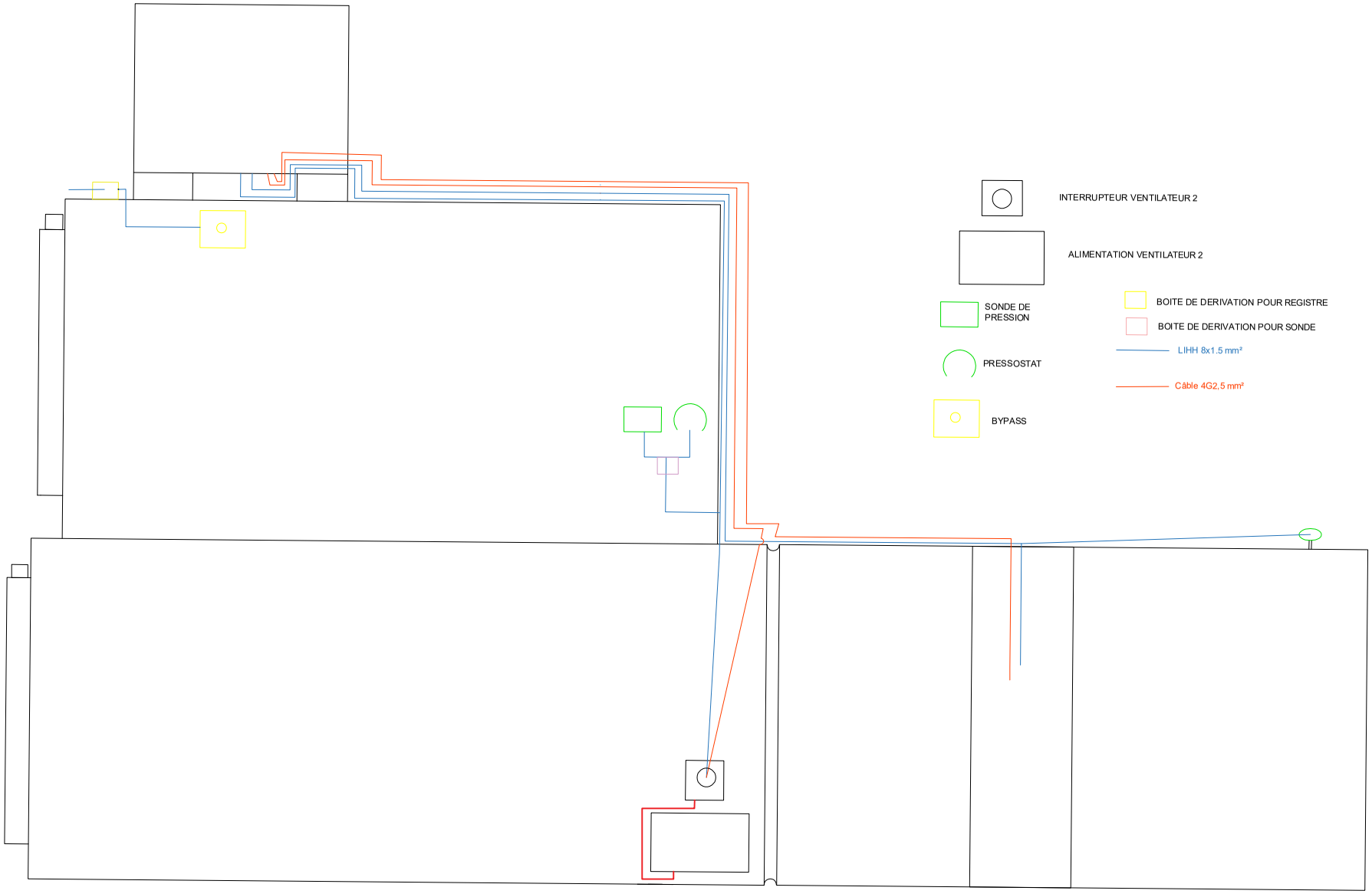
Câble 4G2,5 mm²

Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE	CTA VUE DE HAUT	Tension : -
Classe : 3EM				Régime de neutre : -
Date : 20 - 11 - 2025				Révision : C
Vérificateur : G. Van Hoeke				Folio : 1 / 3



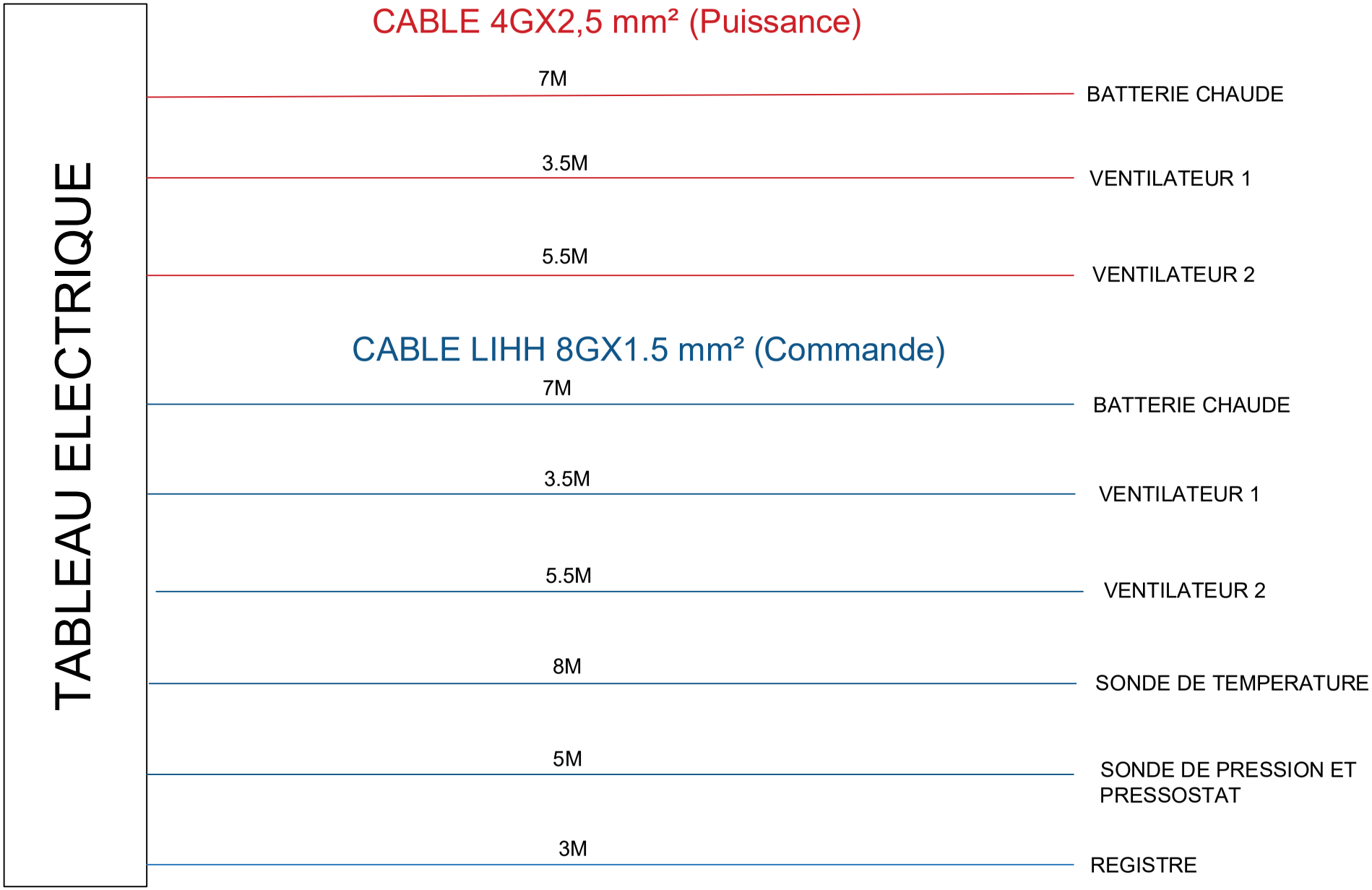
Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE	CTA VUE DE DROITE
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : -
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 2 / 3



Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE	CTA VUE DE GAUCHE
Classe : 3EM			
Date : 20 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : -
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : 3 / 3



Auteur : KHALILI Wassim	H.E. EPHEC Département TECH Rue Royale 336, 1030 Schaerbeek Belgique	EPHEC HAUTE ÉCOLE i TECH	LONGUEUR DE CABLE
Classe : 3EM			
Date : 19 - 11 - 2025			
Vérificateur : G. Van Hoeke			

Tension : -
Régime de neutre : -
Révision : C
Folio : - / -

Cadastre du projet TFE – Remise en état de marche d'une CTA

Description du projet
La centrale de traitement d'air (CTA) sur laquelle je travaille a été démontée au niveau de son câblage et de ces compartiments. Le tableau électrique principal (sectionneur, disjoncteurs, contacteurs et automate) est toujours présent et fonctionnel, mais **aucun lien n'existe plus entre ce tableau et les équipements de terrain** (moteurs, sondes, actionneurs).
De plus, les différents compartiments de la CTA ont été désolidarisés et doivent être **réassemblés et recâblés** pour rétablir la continuité mécanique et électrique.

Équipements existants (en place et fonctionnels)

- Tableau électrique (sectionneur, disjoncteurs, contacteurs, automate).
- Armoires partiellement câblées.

Équipements et actions à remettre en état

- **Recâblage complet** entre tableau électrique et :
    - moteurs (ventilateurs soufflage / extraction),
    - sondes (température, hygrométrie, pression),
    - actionneurs (moteur ventilateur, volets cerveau moteur, vannes).
- **Raccordement des compartiments** de la CTA entre eux (structure).
- **Mise à jour des schémas électriques et fonctionnels.**
- **Tests et mise en service.**

Objectifs

- Reconstituer la logique de commande et de puissance.
- Garantir la communication entre automate et capteurs/actionneurs.
- Vérifier la sécurité électrique et le bon fonctionnement de la CTA.

Résultat attendu

- Une CTA complet, recâblée et remise en état.
- Un dossier technique comprenant : schéma structurel, schéma de câblage, schéma électrique.
- Rapport final documentant la méthodologie et les étapes de remise en service.

EPHEC HAUTE ÉCOLE I TECH	**ASBL EPHEC TECH (École Pratique des Hautes Études Commerciales)**
	Département: Tech AU/ EM
	Adresse : Rue Royale 336 Ville : Bruxelles

Métré récapitulatif

Maitre d'ouvrage	M. Van Hoeke Geoffrey
Concepteur	Khalili Wassim
Entrepreneur	Khalili Wassim
Remontage mécanique et électrique du poste soufflerie à débit variable au G8LEN	Date: 31/12/2025

N°	Désignation	Fournisseur	Référence	Statut	Quantité
1	Sonde de Pression PREMASGARD 2121 LCD	EPHEC (récup)		OK	1
2	Pressostat	EPEHC (récup)		OK	1
3	Sonde de température PT1000 (TG-KH3)	EPHEC (récup)		OK	1
4	Tube PVC 32 mm RAL7035	CEBEO	PVC32-7035	OK	10m
5	Tube PVC 20 mm RAL7035	CEBEO	PVC20-7035	OK	5m
6	Tube rigide entré 32 mm gris clair RAL7035	CEBEO	PIP-ING5VHF32-7035	OK	15
7	Attache QUICK gris M32	CEBEO	2955M32	OK	40
8	Tube rigide entré 20 mm gris clair RAL7035	CEBEO	PVC20-7035	OK	15
9	Attache QUICK gris M20	CEBEO	2955M20	OK	10
10	WAGO 221-413 borne 3x0,2-4mm² 50pc	CEBEO	221-413	OK	1
11	WAGO 221-415 borne 5x0,2-4mm² 50pc	CEBEO	221-415	OK	1
12	Boîte de dérivation Flex-O-Box Junior	CEBEO	F0852MM	OK	1
13	Embout de câblage 2,5 mm² 100pc	CEBEO	DZ5CE025	OK	1
14	Embout de câblage 1,5 mm² 100pc	CEBEO	DZ5CE015	OK	1
15	cable 4G2,5mm²	EPHEC (récup)		OK	15M
16	Câble spécial LIHH Cca s1d2a1 LS0H 8G1,5mm²	CEBEO	LIHH8X1.5-JZ-CCA	OK	25m
17	Gaine thermo-rétractable 30pc	BRICO		OK	1
18	boite de derivation schneider	EPEHC (récup)		ok	2
19	presse étoupe	EPHEC (récup)		ok	10
20	vise autoperforante	EPHEC (récup)		ok	50pc
21	équerre 90°	BRICO		ok	2
22	collier de serrage 50pc	BRICO		ok	1
23	Bornier gris 50pc	CEBEO	2002-1671	OK	1

INDEX

1. Schéma de câblage de la CTA (15 pages)

2. dimensionnement et câblages de la CTA (5 page)

3. Cadastre (1 page)

4. Métré (1 page)