



HAL
open science

Étude, conception et réalisation du BMS pour ‘Arizona Gym’ Beirut - Liban

Elie Miled Moussa

► **To cite this version:**

Elie Miled Moussa. Étude, conception et réalisation du BMS pour ‘Arizona Gym’ Beirut - Liban. Energie électrique. 2016. dumas-01697801

HAL Id: dumas-01697801

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01697801>

Submitted on 31 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Institut des Sciences Appliquées et
Economiques
Centre du Liban associé au
Conservatoire National des Arts et Métiers
Paris**

MÉMOIRE

**Présenté en vue d'obtenir
Le DIPLOME d'INGÉNIEUR CNAM
SPÉCIALITÉ: ELECTROTECHNIQUE**

Par

Elie Miled Moussa

**Etude, Conception et Réalisation du BMS pour 'Arizona
Gym' Beirut - Liban**

Soutenu le 29 Février 2016

JURY

PRÉSIDENT: M. Stéphane LEFÈBVRE

MEMBRES: M. Khaled ITANI

M. Ahmad JAMMAL

M. Clovis FRANCIS

M. Imad MOUGHARBEL

M. Marwan NEHME

Résumé

Tous les bâtiments possèdent des systèmes de services mécaniques et électriques, dans le but de fournir les facilités nécessaires pour le maintien d'un environnement de travail confortable et efficace.

Ces services doivent être contrôlés par un certain moyen afin de pouvoir assurer les conditions de confort et d'efficacité.

Les contrôles de bases prennent la forme d'une commutation manuelle, d'une commutation suivant le temps ou suivant la température... ici, si le Building Management System BMS est introduit, nous serons capables de travailler dans un environnement confortable et économique d'une manière efficace.

Ce mémoire d'ingénieur présente l'installation d'un système BMS produit par Siemens pour un centre sportif. Il comporte la conception, l'étude et la réalisation du système et il se compose de deux parties:

La première partie est un aperçu général d'un système BMS.

La deuxième partie est une présentation des études et des travaux réalisés afin d'installer ce système d'automatisation, en mettant en évidence ses avantages et les problèmes rencontrés.

Mots clés : bâtiment, systèmes de services mécaniques et électriques, confortable, efficace, contrôle, building management system, économique, Siemens.

Abstract

All buildings have some form of mechanical and electrical services in order to provide the facilities necessary for maintaining a comfortable and efficient working environment.

These services have to be controlled by some means to ensure comfort and efficiency conditions.

Basic controls take the form of manual switching, time clocks or temperature switches...Here if Building Management System BMS is introduced, we are able to get a comfortable and economic working environment in an efficient way.

This engineering thesis presents the installation of a Building Management System BMS produced by Siemens for a sport center. It includes the study, the design and the implementation of the system and it consists of two parts:

The first part is an overview of a BMS system.

The second part is a presentation of studies and site work done in order to install this automation system, highlighting its advantages and problems.

Key words: building, mechanical and electrical services, comfortable, efficient, control, building management system, economic, Siemens.

Remerciements

Mes plus vifs remerciements vont à toutes les personnes ayant contribué au bon déroulement de ce mémoire d'ingénieur, tant sur le plan professionnel que sur le plan personnel.

En premier lieu, c'est un agréable plaisir d'exprimer ma profonde gratitude à monsieur Elie Bachaalany, PDG de l'entreprise 'AutomatiX s.a.l' pour m'avoir offert la chance de travailler sur ce projet.

Je suis également reconnaissant envers Monsieur Khaled Itani, chef du département génie électrique à l'ISAE-CNAM Liban, pour ses qualités scientifiques et humaines dont il a fait preuve tout au long de la réalisation de ce travail. Je lui exprime ma gratitude.

Remerciements et profonde gratitude vont également aux membres de la commission d'examen pour leur participation à l'évaluation scientifique de ce travail.

C'est avec joie que je salue les membres de l'université ISAE-CNAM, et plus particulièrement ceux de ma promotion avec lesquels j'ai passé ces dernières années. J'apprécie beaucoup leur amitié.

Il me sera impossible, enfin, de ne pas saluer ma famille et mes amis d'enfance, leur confiance et leur amour n'ont cessé de me prodiguer, tout au long de ce travail. J'adresse toute mon affection à ma famille, mes parents et mon frère. Ma reconnaissance envers eux est inexprimable.

Liste des Abréviations

| | |
|-----------|---|
| BMS | Building Management System. |
| TGBT | Tableau General Basse Tension. |
| HVAC | Heating, Ventilation, and Air Conditioning. |
| ATS | Automatic Transfer Switch. |
| UPS | Uninterruptible Power Supply. |
| AHU | Air Handling Unit. |
| FCU | Fan Coil Unit. |
| RO System | Reverse Osmosis System. |
| EDL | Electricité Du Liban. |
| FAHU | Fresh Air Handling Unit. |
| MCB | Miniature Circuit Breaker. |
| MCCB | Moulded Case Circuit Breaker. |
| RCCB | Residual Current Circuit Breaker. |
| CCTV | Closed Circuit TV. |
| FACP | Fire Alarm Control Panel. |
| MDB | Main Distribution Board. |
| DI | Digital Input. |
| DO | Digital Output. |
| AI | Analog Input. |
| AO | Analog Output. |
| LCD | Liquid Crystal Display. |
| PN | Pressure Number. |
| NYAF | PVC-wiring cables, fine wires. |
| IP | Ingress Protection. |
| SMS | Short Message Service. |
| API | Automates Programmables Industriels. |
| PLC | Programmable Logic Controller. |
| EIB | European Installation Bus. |
| EIBA | European Installation Bus Association. |
| KNX | Konnex. |
| MAC | Media Access Control. |

Liste des Figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Les taches du système BMS..... | 3 |
| Figure 2: Les éléments principaux d'un système de contrôle..... | 5 |
| Figure 3: Vue extérieure du centre..... | 9 |
| Figure 4: Vue extérieure d'un AHU installé dans 'Arizona Gym'..... | 13 |
| Figure 5: Vue extérieure d'un FCU installé dans 'Arizona Gym'..... | 15 |
| Figure 6: Vue extérieure de deux réservoirs d'eau chaude, installés dans 'Arizona Gym'..... | 19 |
| Figure 7: Vue extérieure d'une chaudière installée dans 'Arizona Gym'..... | 20 |
| Figure 8: Une cabane de sauna..... | 22 |
| Figure 9: Un jacuzzi..... | 23 |
| Figure 10: La piscine de 'Arizona Gym'..... | 24 |
| Figure 11: La chambre contenant le refroidisseur avec ses équipements..... | 26 |
| Figure 12: Vue extérieure d'un générateur installé dans 'Arizona Gym'..... | 28 |
| Figure 13: Le schéma d'un tableau électrique revenant à un AHU..... | 41 |
| Figure 14: Les connexions de l'alimentation électrique du tableau..... | 42 |
| Figure 15: Les connexions du contrôleur 'PXC12.D'..... | 42 |
| Figure 16: Le 'cable schedule' d'un contrôleur 'PXC12.D'..... | 43 |
| Figure 17: Le 'cable schedule' de l'unité de contrôle 'RDG100.KN'..... | 43 |
| Figure 18: L'atelier de la compagnie 'AutomatiX s.a.l'..... | 44 |
| Figure 19: Les titres des dix-sept programmes réalisés sur Xworks..... | 45 |
| Figure 20: Le programme d'un contrôleur réalisé sur le logiciel Xworks..... | 46 |
| Figure 21: La schématisation d'un AHU et ses équipements sur la station d'opération..... | 48 |
| Figure 22: Les matériels d'un système BMS..... | 52 |
| Figure 23: Une famille de contrôleurs 'SIEMENS'..... | 53 |
| Figure 24: Les caractéristiques des contrôleurs compacts..... | 53 |
| Figure 25: Les caractéristiques des contrôleurs modulaires..... | 54 |
| Figure 26: Un contrôleur 'PXC12.D'..... | 54 |
| Figure 27: Un contrôleur 'PXC100.D'..... | 56 |
| Figure 28: Un contrôleur 'PXC00-U'..... | 58 |
| Figure 29: Les fonctions des modules d'extensions connectés au contrôleur 'PXC00U'..... | 59 |
| Figure 30: Un module 'TXM1.16D'..... | 60 |
| Figure 31: Un module 'TXM1.6R'..... | 60 |
| Figure 32: Un module 'TXM1.8U'..... | 61 |
| Figure 33: Le module d'alimentation et le module de connexion de bus..... | 62 |
| Figure 34: Un modèle de connexion du module d'alimentation et du module de connexion de bus..... | 63 |
| Figure 35: L'unité de contrôle 'QAX34.1'..... | 64 |
| Figure 36: L'unité de contrôle 'RDG100.KN'..... | 65 |
| Figure 37: Le module 'TXI1.OPEN'..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Figure 38: Le module 'TXA1.IBE' | 68 |
| Figure 39: Exemple de connexion du module 'TXA1.IBE' | 69 |
| Figure 40: Schéma représentant l'architecture des extensions de bus..... | 70 |
| Figure 41: Le routeur 'PXG3.L' | 72 |
| Figure 42: Schéma d'un bus de communication constitué de trois réseaux: BACnet/IP, BACnet/LonTalk, et BACnet MS/TP..... | 72 |
| Figure 43: L'architecture des bus de communication du système BMS du centre... | 73 |
| Figure 44: La résistance 'RXZ01.1' | 74 |
| Figure 45: Une vanne SIEMENS 'VXF31' | 75 |
| Figure 46: Une vanne SIEMENS 'VXG41' | 75 |
| Figure 47: Une famille de vannes SIEMENS 'VXP45...' | 76 |
| Figure 48: Un actionneur SIEMENS 'SAX61' | 76 |
| Figure 49: Un actionneur SIEMENS 'SSB61' | 77 |
| Figure 50: Un actionneur SIEMENS 'STP21' | 77 |
| Figure 51: Le capteur de température SIEMENS 'QAE2120.010' | 79 |
| Figure 52: Les caractéristiques du capteur 'QAE2120.010' | 79 |
| Figure 53: Le capteur de pression SIEMENS 'QBE2002-P1' | 80 |
| Figure 54: Les caractéristiques du capteur 'QBE2002-P1' | 80 |
| Figure 55: Le capteur d'une différence de pression SIEMENS 'QBM81-3' | 81 |
| Figure 56: Les caractéristiques du capteur 'QBM81-3' | 81 |
| Figure 57: Le capteur de température et d'humidité SIEMENS 'QFM2120' | 82 |
| Figure 58: Les caractéristiques du capteur 'QFM2120' | 82 |
| Figure 59: Le capteur SIEMENS 'QVE1901' | 83 |
| Figure 60: Les caractéristiques du capteur 'QVE1901' | 83 |
| Figure 61: Un disjoncteur SIEMENS '5SL6202-7' | 85 |
| Figure 62: Des portes fusibles 'UK 5 - HESI' | 86 |
| Figure 63: Schéma de câblage des dispositifs de protection..... | 86 |
| Figure 64: Les composants d'un câble du type NYAF..... | 88 |
| Figure 65: Une cabine manufacturée par 'Rittal' | 89 |
| Figure 66: Partie d'un programme réalisé sur Xworks..... | 91 |
| Figure 67: La topologie du système Desigo..... | 92 |
| Figure 68: Les niveaux d'opération du système Desigo..... | 93 |
| Figure 69: Visualisation d'un graphique de la température sur le logiciel Desigo... | 94 |
| Figure 70: Visualisation des alarmes sur le logiciel Desigo..... | 94 |
| Figure 71: Visualisation des calendriers sur le logiciel Desigo..... | 95 |
| Figure 72: L'architecture des bus de communication du système BMS de la gym... | 96 |
| Figure 73: Structure d'un bus de communication..... | 97 |
| Figure 74: Un bus de communication LonWorks ayant une topologie ligne..... | 98 |
| Figure 75: Les registres ModBus concernant les générateurs..... | 100 |
| Figure 76: Les registres ModBus concernant l'ATS..... | 101 |
| Figure 77: Evolution du protocole Ethernet durant les années..... | 105 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Les avantages du système BMS..... | 6 |
| Tableau 2: La distribution des entrées et des sorties reliées au système BMS..... | 33 |
| Tableau 3: Le calendrier des entrées et des sorties relatif à ‘Arizona Gym’..... | 34 |
| Tableau 4: Les composants d’un tableau électrique d’un système BMS ayant un contrôleur modulaire ‘PXC100.D’..... | 38 |
| Tableau 5: Exemple des composants d’une salle d’opération d’un système BMS... | 39 |
| Tableau 6: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur ‘PXC100.D’ du tableau ‘Water Tanks, Submersibles, Fans’..... | 56 |
| Tableau 7: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur ‘PXC100.D’ du tableau ‘Heaters And Chiller’..... | 57 |
| Tableau 8: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur ‘PXC100.D’ du tableau ‘Power Monitoring and Electrical Circuits’..... | 58 |
| Tableau 9: Les points de données ayant un bus de communication Modbus, intégrés au système BMS..... | 67 |
| Tableau 10: La puissance du ‘Hardware’ du système BMS..... | 84 |
| Tableau 11: Les différents câbles électriques utilisés à l’intérieur des tableaux électriques..... | 87 |

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Introduction..... | 1 |
| Chapitre 1 : Vue d'ensemble du système BMS..... | 3 |
| 1.1.Définition du système..... | 3 |
| 1.2.Constitution du système..... | 4 |
| 1.3.Les avantages du système..... | 6 |
| 1.4.Les problèmes courants du système..... | 7 |
| Chapitre 2 : Description du projet..... | 9 |
| 2.1. Vue d'ensemble..... | 9 |
| 2.2. Les AHUs..... | 13 |
| 2.3. Les FCUs..... | 15 |
| 2.4. Les réservoirs, les bassins et les ventilateurs d'extraction..... | 17 |
| 2.5. Les chaudières..... | 20 |
| 2.6. Le sauna..... | 22 |
| 2.7. Le jacuzzi..... | 23 |
| 2.8. La piscine..... | 24 |
| 2.9. Le refroidisseur..... | 26 |
| 2.10.Les générateurs..... | 28 |
| 2.11.Les circuits et les systèmes électriques..... | 30 |
| Chapitre 3 : Les exigences du projet..... | 31 |
| 3.1. Introduction..... | 31 |
| 3.2. La préparation du calendrier des entrées et des sorties..... | 32 |
| 3.3. L'identification de l'architecture du système BMS..... | 35 |
| 3.4. La sélection des composants..... | 37 |
| 3.5. La préparation des dessins électriques..... | 41 |
| 3.6. L'assemblage des tableaux électriques..... | 44 |
| 3.7. La programmation sur le logiciel Xworks..... | 45 |
| 3.8. La programmation sur le logiciel Desigo Citect..... | 47 |
| 3.9. Les essais et la mise en service du projet..... | 49 |
| Chapitre 4 : L'identification des matériels, des logiciels et des bus de communication utilisés..... | 51 |
| 4.1. L'identification des matériels..... | 51 |
| 4.1.1. Les contrôleurs..... | 53 |
| 4.1.2. Les modules d'entrées et de sorties..... | 60 |
| 4.1.3. Le module d'alimentation et le module de connexion de bus..... | 62 |
| 4.1.4. Les unités de contrôle: 'QAX34.1' et 'RDG100.KN'..... | 64 |
| 4.1.5. Le module 'TXI1.OPEN'..... | 66 |
| 4.1.6. Le module 'TXA1.IBE'..... | 68 |
| 4.1.7. Le routeur..... | 72 |
| 4.1.8. Les résistances..... | 74 |
| 4.1.9. Les vannes et les actionneurs..... | 75 |
| 4.1.10. Les capteurs..... | 79 |
| 4.1.11. Les transformateurs..... | 84 |
| 4.1.12. Les disjoncteurs et les fusibles..... | 85 |
| 4.1.13. Les câbles électriques..... | 87 |

| | |
|--|------------|
| 4.1.14. Les cabines..... | 89 |
| 4.2. L'identification des logiciels..... | 91 |
| 4.2.1. Le logiciel Xworks..... | 91 |
| 4.2.2. Le logiciel Desigo Insight..... | 92 |
| 4.3. L'identification des bus de communication..... | 96 |
| 4.3.1. Le bus LonTalk..... | 97 |
| 4.3.2. Le bus ModBus..... | 99 |
| 4.3.3. Le bus KNX..... | 102 |
| 4.3.4. Le bus Ethernet..... | 104 |
| Les problèmes rencontrés..... | 106 |
| Les solutions..... | 108 |
| Le résultat final..... | 110 |
| Conclusion..... | 111 |
| Bibliographie..... | 112 |
| Annexes..... | 114 |

Introduction

Le monde dans lequel nous vivons est très dynamique. Les avancées scientifiques ont mis à notre disposition des technologies diverses dans différents domaines, produisant ainsi des innovations majeures en un temps de plus en plus court. L'une de ces technologies est l'automatisation, et plus particulièrement l'automatisation des bâtiments connue sous le nom Building Management System ou BMS.

D'une part, cette technologie permet d'améliorer la qualité de vie dans les bâtiments, où les personnes vivant dedans ont accès à des conditions de vie inaccessibles aux siècles passés.

D'autre part, elle permet de réaliser des progrès significatifs dans l'utilisation efficace d'énergie, réduisant ainsi les coûts d'exploitation et les émissions de CO₂.

Donc, il s'agit d'un système qui permet au gestionnaire d'avoir une vue globale du fonctionnement et des automatismes d'un bâtiment à travers la réception des données de diverses natures:

- Des alarmes (Panne, arrêt anormal, mesure dépassant un seuil...).
- Des états (fonctionnement d'un équipement, position, retour de commande...).
- Des mesures (température, temps de fonctionnement, nombre de pannes...).

Les équipements supervisés peuvent être entre autres: l'alimentation électrique (tableau général basse tension TGBT, Tableaux divisionnaires), l'éclairage, le chauffage, la ventilation et la climatisation (HVAC), la plomberie (pompes de relevage, cuves...), le contrôle d'accès, la vidéosurveillance...

Ce rapport présente l'étude, la conception et la réalisation d'un projet BMS dont les produits sont de marque Siemens pour 'Arizona Gym', connue sous le nom '180° FITNESS AND SPA', et qui est détenue par 'Achour Group'.

Ce travail est réalisé par la compagnie 'AutomatiX s.a.l' qui est une société d'intégration d'ingénierie, apportant des solutions innovantes dans le domaine de l'énergie et de l'automatisation. (Pour plus d'information visiter le site : www.automatix.com)

En tant qu'ingénieur électrique au sein de cette entreprise, l'une de mes fonctions était la participation à l'étude, la conception et la mise en service du projet BMS ci-dessus.

Le travail réalisé consiste à équiper le centre sportif (musculature, stretching, cardio-training, hydrothérapie...) par ce système d'automatisation qui permet le contrôle et la surveillance de plusieurs systèmes et équipements présents, comme le système de chauffage, de ventilation et de climatisation, l'éclairage, la plomberie, l'infrastructure...

La première partie du rapport est une vue globale du système d'automatisation BMS. Elle définit un système BMS, décrit sa constitution, et précise ses avantages et ses problèmes courants.

La seconde partie décrit le centre sportif et ses équipements, et identifie les limites du travail réalisé, en précisant les points contrôlés et les points supervisés par le système BMS.

La troisième partie représente les étapes réalisées afin d'installer le système BMS qui opère les équipements et les systèmes du centre d'une façon efficace et selon le cahier des charges. C'est une présentation chronologique détaillée des travaux achevés et qui sont de plusieurs types : des travaux d'études théoriques, des travaux manuels d'assemblage et d'installation, des travaux de programmation...

La quatrième partie détaille les matériels, les logiciels et les bus de communication utilisés dans le projet. C'est dans cette partie qu'on définit les matériels utilisés et leur sélection ainsi que les logiciels et les bus de communication.

Les problèmes rencontrés lors de la mise en service du projet et les solutions appliquées sont encore traités dans le rapport, en précisant pour chaque problème sa cause et sa solution.

Le résultat final est une vue globale des avantages pratiques remarqués du système BMS installé dans 'Arizona Gym' après sa mise en service.

La conclusion résume le contenu de ce mémoire en soulignant les conditions dans lesquels l'installation du système BMS a eu lieu, et en mettant en évidence les intérêts que j'ai obtenus sur le plan professionnel lors de ma participation à l'exécution de ce projet.

Chapitre 1 : Vue d'Ensemble du Système BMS

1.1. Définition du Système BMS

Le BMS est un système de commande et de surveillance par ordinateur des équipements mécaniques et électriques d'un bâtiment par différents systèmes. De tels systèmes sont: le système de ventilation, le système de sécurité et d'alarme d'incendie, le système d'éclairage, les systèmes de gestion de l'énergie et de contrôle intelligent. Ces systèmes peuvent être facilement adaptés à des besoins différents en raison de leur grande flexibilité. En outre, lors de l'opération, des changements et des améliorations peuvent être effectués dans le but d'atteindre un meilleur fonctionnement et de réduire les dépenses d'énergie et d'entretien. Dans les bâtiments intelligents, de nombreuses fonctions qui ont été faites habituellement par les résidents, sont maintenant effectuées par les systèmes intelligents. Cette action amène à économiser du temps et à réduire la puissance effectuée par l'homme. En utilisant différents capteurs intérieurs et extérieurs et également un réseau informatique convenable, l'obtention de données permanentes et immédiates de la température, la pression, l'humidité, le débit de l'air, de l'oxygène et du dioxyde de carbone sont possibles. Avec ces installations, le montant de la consommation d'énergie, de carburant et d'électricité peuvent être mesuré à tout moment. Donc, le système BMS peut être utile pour réduire la consommation d'énergie et sa conservation dans les bâtiments. Il permet aussi aux utilisateurs de contrôler chacun des sous-systèmes individuellement et permet également la commande intégrée entre eux. [1]

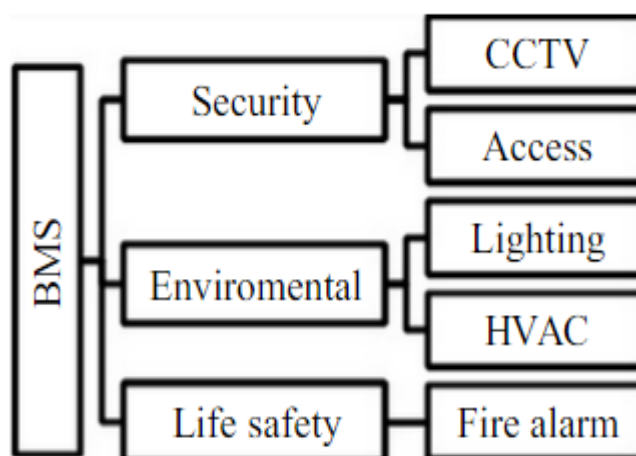


Figure 1: Les taches du système BMS.

Reference: http://www.academia.edu/5365112/Effect_of_Building_Management_System_on_Energy_Saving

Les fonctions du système BMS: [2]

Les quatre fonctions principales du système BMS sont:

1. Le contrôle.
2. La surveillance.
3. L'optimisation.
4. La création des rapports sur les installations du bâtiment: les équipements électriques et mécaniques, la sécurité et l'efficacité énergétique.

Alors que dans le passé, la fonction principale du système BMS était de contrôler les services des bâtiments ; les systèmes BMS récents ont également des fonctions intégrées de gestion de l'énergie et d'intégration des systèmes de contrôle, ou des logiciels, déjà existants.

1.2. Constitution du Système BMS [2]

Un système BMS est constitué des éléments suivants:

1. Le 'Hardware' (Matériel): tel que les capteurs, les actionneurs et les contrôleurs.
2. Le 'Software' (Logiciel): des programmes d'affichage et d'enregistrement d'informations en temps réel, des programmes visant à concevoir des stratégies de contrôle.
3. Les réseaux: y compris les interfaces avec d'autres systèmes de contrôle.

Le 'Hardware' du système BMS comprend les éléments suivants:

1. Les capteurs: ils lisent les conditions dans le bâtiment à travers des entrées numériques, des entrées analogiques ou des entrées impulsionnelles. Les entrées numériques peuvent détecter si un appareil est allumé ou éteint. Les entrées analogiques fournissent des informations sur les variables et peuvent collecter les conditions dans le bâtiment tel que la température, l'humidité, le niveau du dioxyde de carbone... Les entrées impulsionnelles peuvent donner des informations sur les niveaux de consommation, à travers des dispositifs spécifiés tels que les débitmètres. Donc, les capteurs peuvent être utilisés pour des multiples systèmes de contrôle, tout en réduisant les coûts initiaux et opérationnels. Les détecteurs de mouvements par exemple peuvent fournir un contrôle d'éclairage automatisé durant le jour et la détection d'intrusion pour le système de sécurité durant la nuit.

Un système BMS peut aider à identifier les capteurs défectueux ou mal placés et les capteurs supplémentaires nécessaires pour le réglage final.

2. Les contrôleurs: ils forment l'élément central d'un système BMS, et la capacité de celui-ci dépend de la quantité de contrôleurs reliés au système. Les contrôleurs ont des interfaces vers les capteurs et les actionneurs.
3. Les actionneurs: ils effectuent les actions dans le système, et ils contrôlent à travers les sorties numériques et les sorties analogiques. Les sorties numériques peuvent contrôler des dispositifs à deux états, par exemple fermer l'équipement ou le désactiver. Les sorties analogiques peuvent réaliser le réglage de certains dispositifs à certains postes, tels que le contrôle de l'ouverture ou de la fermeture d'une valve à une certaine position.

L'information provenant des capteurs est transmise aux contrôleurs. Ces contrôleurs traduisent les informations de commandes qui doivent être exécutées par les actionneurs. L'interface utilisateur est connectée aux contrôleurs et permet la surveillance et le réglage de ces actions. Par exemple, si les capteurs détectent un changement dans les niveaux d'éclairage durant le jour, le système va réagir en ajustant l'éclairage, et donc, réduire la consommation d'énergie électrique.

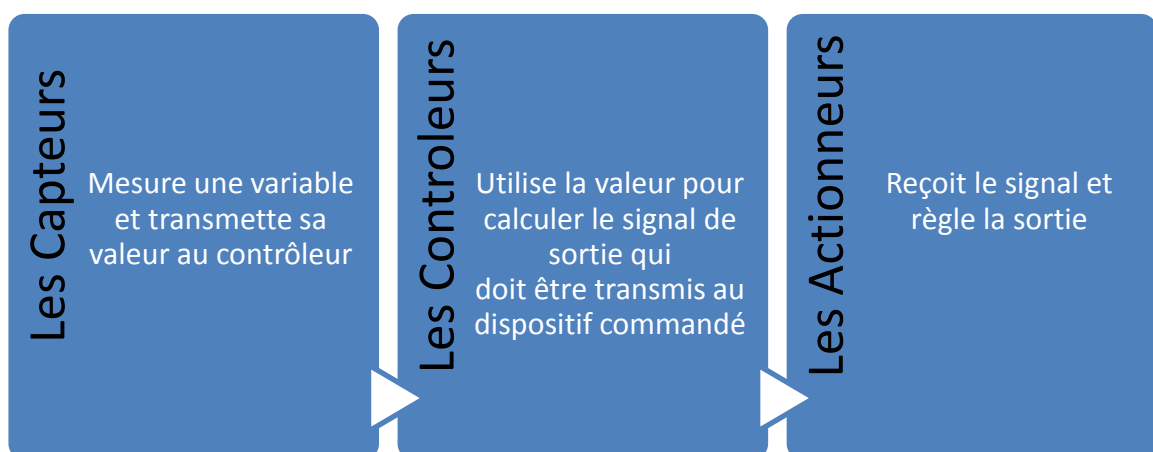


Figure 2: Les éléments principaux d'un système de contrôle.

Reference:http://greener.liveperformance.com.au/uploads/pages/10/building_management_systems_info_kit_for_ve_nues.pdf

Les points à considérer avant de mettre en œuvre un système BMS:

Les bâtiments ne nécessitent pas tous le même type et la même complexité de contrôle. Un système BMS complexe est particulièrement rentable pour les grands sites avec de vastes systèmes électriques ayant des factures d'énergie élevées. Un des principaux avantages d'un système BMS est sa capacité à surveiller et à contrôler les coûts avec plus de précision. D'où, et avant d'acquérir un système BMS, il faut examiner si ce système aidera à conserver l'énergie. Par conséquent, la consommation d'énergie d'un bâtiment doit être surveillée. Il est important de déterminer des objectifs économiques et environnementaux qui pourraient être réalisés avant l'acquisition.

1.3. Les Avantages du Système BMS [2]

Un système BMS bien mis en œuvre apporte un certain nombre d'avantages pour le bâtiment, avec l'avantage principal qui est le suivi facile et pratique des systèmes de contrôle du bâtiment et la facilité avec laquelle les ajustements peuvent être faits. Un système BMS peut également servir comme outil de diagnostic pour identifier si, et pourquoi la performance énergétique d'un bâtiment a changé. Il y a un certain nombre d'avantages en termes de l'amélioration du contrôle et du confort, et la facilité d'entretien et de surveillance qui sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Les avantages du système BMS.

| | |
|---------------------------|---|
| <p>Le contrôle</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Suivi efficace de la consommation d'énergie. - Réglage et optimisation des systèmes. - Intégration des fonctions de conservation d'énergie qui diminuent les coûts d'énergie. |
| <p>Le confort</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du niveau du confort et conservation du temps. - Minimisation de l'intervention du personnel dans les opérations quotidiennes. - Possibilité de contrôle individuel. - Confort thermique. |

| | |
|------------------------|--|
| La maintenance | <ul style="list-style-type: none">- Disponibilité facile des informations.- Surveillance des paramètres spécifiques nécessaires pour l'entretien.- Identification des besoins réguliers d'entretien, en enregistrant le nombre d'heures de fonctionnement des moteurs ainsi que l'identification de la défaillance ou l'échec des matériels. |
| La surveillance | <ul style="list-style-type: none">- Surveillance et collection des données de performance du bâtiment dans le but de les analyser.- L'archivage des données pour la gestion de l'énergie.- Surveillance des statuts des équipements liés au système BMS. |

1.4. Les Problèmes Courants du Système [2]

Les problèmes les plus courants avec le BMS surviennent en raison d'une mauvaise utilisation du système, des ajustements inappropriés des valeurs de consignes, un manque d'entretien et d'optimisation, un manque d'expertise et des problèmes techniques liés à la complexité des systèmes.

LE MANQUE D'EXPERTISE DU PERSONNEL

1. Une formation et un transfert de connaissances insuffisantes pour les opérateurs du système d'automatisation.
2. Un manque de valeur attribuée au système en raison de la non-familiarité avec les fonctions complexes.

LE MANQUE D'ENTRETIEN ET D'OPTIMISATION

1. Souvent, les systèmes continuent à fonctionner avec les paramètres mis par défaut, comme les mesures d'optimisation sont rarement ajustées.
2. L'utilisation inadéquate empêche le fonctionnement du BMS en plein potentiel.
3. Des erreurs se produisent lors de l'installation initiale et le système ne parvient pas à fournir la fonctionnalité désirée.
4. Le manque de remise en service régulière.

LE MANQUE DE SURVEILLANCE ET D'ENREGISTREMENT DE DONNÉES

1. Les modifications faites au système ne peuvent pas être mesurées en raison d'un manque de documentation.

2. Aucune évaluation régulière n'est effectuée pour assurer la fonctionnalité et la performance des contrôles.

LES PROBLÈMES TECHNIQUES

1. Une mauvaise installation des capteurs et des contrôleurs peut affecter l'efficacité du système.
2. Des problèmes de compatibilité avec les composants de contrôle existants.
3. Incompatibilité entre l'architecture du bâtiment et le matériel et le logiciel installés.

Chapitre 2 : Description du Projet

2.1. Vue d'Ensemble

Le centre sportif porte le nom "180° FITNESS AND SPA", connu techniquement sous le nom 'Arizona Gym' et il fait partie d'un groupe de projets appartenant à la compagnie "Achour Group".



Figure 3: Vue extérieure du centre.

Ce centre est composé de quatre étages:

Le sous-sol-1 comporte essentiellement:

1. La réception.
2. Les bureaux administratifs.
3. Un restaurant.
4. Un magasin pour les habits de sport.
5. Des salles de sport de natures différentes. (Bicyclettes, tapis roulants, Yoga, spin fit, energy fit, free weights...).
6. Une chambre contenant le refroidisseur et ses équipements.

7. Une chambre contenant les tableaux principaux de distribution et l'ATS (Automatic transfer switch).
8. Une chambre contenant le UPS (Uninterruptible Power Supply) et ses batteries.
9. Une chambre contenant les générateurs électriques.

Le sous-sol-2 comporte essentiellement:

1. Les salles de SPA: il existe sept salles de SPA qui ont des thèmes différents.
2. Une salle pour le solarium.
3. Deux chambres pour les équipements tels que les AHUs et les FCUs.
4. Une cuisine.
5. Des toilettes et des chambres de casiers.
6. Un stock de produits.

Le sous-sol-3 comporte essentiellement:

1. La piscine.
2. Le jacuzzi.
3. Le sauna et le steam.
4. Deux salles équipées pour le sport de raquette: Squash.
5. Des toilettes et des chambres de casiers.

Le sous-sol-4: La plus grande partie de cet étage est utilisée comme un parking pour les visiteurs. Cet étage comporte aussi:

1. Une salle de sport.
2. Une chambre pour le système de purification de l'eau: RO system (Reverse Osmosis System).
3. Une chambre pour les équipements mécaniques (pompes, tuyaux et vannes) nécessaires pour la piscine.
4. Une chambre pour les équipements mécaniques (pompes, tuyaux et vannes) nécessaires pour le jacuzzi.
5. Une chambre qui contient les chaudières avec leurs équipements.
6. La salle d'opération du système BMS.

L'alimentation électrique du centre est assurée par trois sources différentes:

1. Electricité du Liban EDL.
2. Les générateurs: trois générateurs de puissances respectivement 350 kVA, 250 kVA et 200 kVA assurent l'alimentation en électricité dans le cas d'absence de l'électricité du Liban.
3. Secours possible à travers un UPS Eaton 9390 de puissance 120 kVA, connecté à quarante batteries 12V-70Ah.

Un ATS et trois tableaux de distribution assurent une alimentation électrique continue à tous les dispositifs et les secteurs du centre. Cela se réalise en changeant la source d'alimentation électrique suivant la disponibilité de l'EDL ou de l'électricité provenant des générateurs.

Le complexe est équipée d'un système de climatisation HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) constitué de: treize AHUs (Air Handling Unit), vingt-quatre FCUs (Fan Coil Unit), un refroidisseur, et deux chaudières, qui assurent la climatisation de l'air et le chauffage de l'eau.

Le système mécanique comporte aussi:

1. Un système de purification de l'eau: RO System.
2. Trois pompes assurent la circulation à un flux constant d'eau d'usage dans les tuyaux.
3. Deux pompes d'extraction des déchets provenant de la piscine.
4. Trois pompes d'extraction d'eaux usées.
5. Deux pompes d'extraction des déchets provenant du système de filtrage d'eau.
6. Deux pompes d'extraction d'eau du puits.
7. Deux pompes qui assurent la circulation d'eau chaude à travers la piscine et le jacuzzi.
8. Deux pompes (chiller water pumps) qui assurent la circulation d'eau froide provenant du refroidisseur dans les équipements de climatisation, tel que les AHUs et les FCUs.
9. Deux pompes (space heating pumps) qui assurent la circulation d'eau chaude provenant des chaudières dans les équipements de climatisation, tel que les AHUs et les FCUs.

10. Quatre pompes (storage tank pumps) qui assurent le pompage de l'eau provenant des chaudières ou du refroidisseur vers les réservoirs d'eau chaude.
11. Deux pompes (circulation pumps) qui assurent le pompage de l'eau provenant des réservoirs d'eau chaude vers leur destination.
12. Quatre ventilateurs qui assurent l'extraction de l'air pollué du parking.

Il existe aussi:

1. Un réservoir contenant les déchets provenant de la piscine.
2. Un réservoir contenant l'eau usée.
3. Un réservoir contenant les déchets provenant du système de filtrage.
4. Un réservoir contenant de l'eau provenant du puits.
5. Un bassin contenant de l'eau purifiée.
6. Un bassin contenant de l'eau et du chlore.
7. Deux réservoirs de diesel.
8. Quatre réservoirs d'eau chaude.

Le but de notre travail consiste à installer un système BMS, Siemens, qui permet la surveillance et le contrôle de tous les équipements électriques et mécaniques ainsi que, les niveaux des liquides dans les bassins et les réservoirs cités ci-dessus, tout en respectant le cahier des charges et les exigences techniques nécessaires.

2.2. Les AHUs

Les AHUs sont des centrales de traitement d'air assurant le contrôle de la température et de l'humidité ainsi que le filtrage de l'air qui circule à l'intérieur des salles du complexe sportif. Cela se réalise à travers le contrôle des vannes, contrôlant à leur tour le flux d'eau chaude et froide à l'intérieur des radiateurs du AHU. La température de l'air propulsé par le ventilateur est contrôlée par la température de l'eau circulant dans les radiateurs, par transfert de chaleur.



Figure 4: Vue extérieure d'un AHU installé dans 'Arizona Gym'.

Dans 'Arizona Gym', il existe treize AHUs. Deux entre eux sont des 'FAHUs' (FRESH AIR HANDLING UNIT) qui permettent l'échange d'air entre l'extérieur et l'intérieur du centre. Un des AHU joue le rôle de déshumidificateur, il extrait l'humidité de la zone contenant la piscine.

Le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes en regard de chacun de ces équipements:

-Le contrôle des points suivants:

1. Le démarrage et l'arrêt de chaque AHU à travers la salle d'opération ou à travers l'unité de contrôle installée dans la salle servie par cet AHU.
2. Le contrôle de la température et de l'humidité suivant une consigne donnée.

3. Le contrôle des vannes d'eau froide et chaude (manuellement ou automatiquement).
4. La génération d'une alarme dans le cas d'un défaut ou d'une alerte.

-La surveillance des points suivants:

1. Le statut en temps réel de chaque AHU (marche ou arrêt).
2. La présence d'une erreur de marche.
3. Le blocage du filtre.
4. Le niveau d'ouverture des vannes (en %).
5. La température de la salle servie par chaque AHU.
6. L'humidité de la salle servie par chaque AHU.

2.3. Les FCUs

Les FCUs sont des unités de ventilation assurant le contrôle de la température de l'air qui circule dans les salles du centre. Ils sont des AHUs de petite taille destinés à contrôler la température de l'air, sur des zones plus petites que celle des AHUs.

Comme les AHUs, les FCUs refroidissent ou réchauffent l'air en agissant sur les vannes contrôlant le flux d'eau chaude et froide à l'intérieur des tuyaux, la température de l'air propulsé est contrôlée par la température de l'eau circulant dans les radiateurs et batteries par transfert de chaleur.

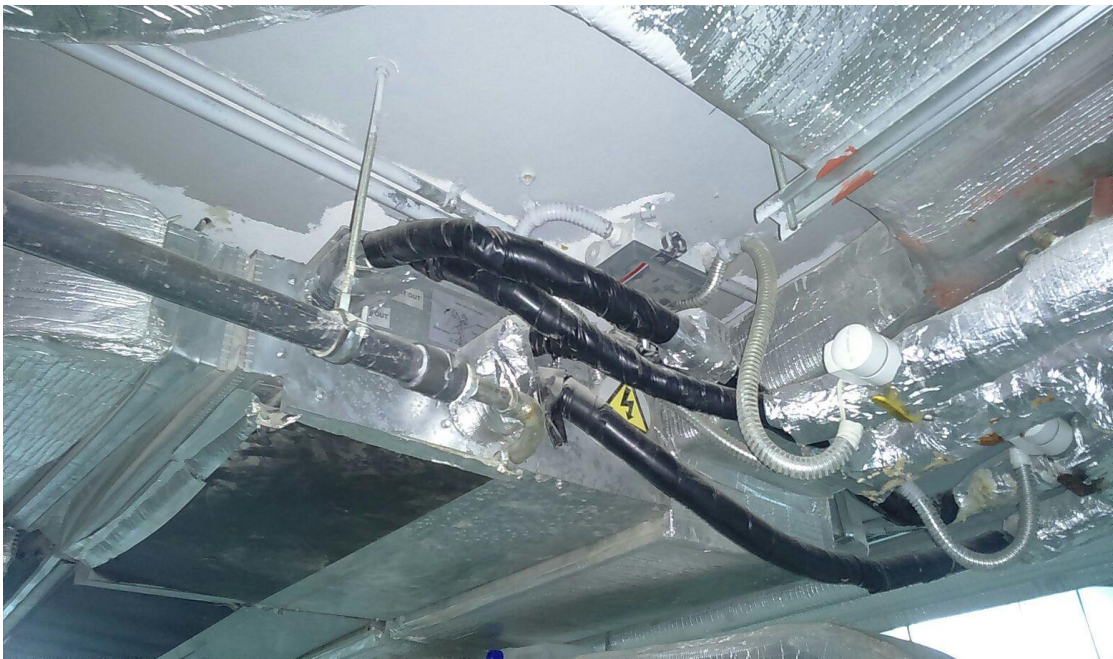


Figure 5: Vue extérieure d'un FCU installé dans 'Arizona Gym'.

Le club sportif est équipé par vingt-quatre FCUs distribués dans différentes zones, et qui règlent la température de différentes salles.

Le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes en regard de chacun de ces équipements:

- Le contrôle des points suivants:

1. Le démarrage et l'arrêt de chaque FCU à travers la salle d'opération ou à travers l'unité de contrôle installée dans la salle servie par ce FCU.
2. Le contrôle de la température suivant une consigne donnée.
3. Le contrôle des vannes d'eau froide et chaude (manuellement ou automatiquement).

-La surveillance des points suivants:

1. Le statut en temps réel de chaque FCU (marche ou arrêt).
2. Le niveau d'ouverture des vannes (en %).
3. La température de la salle servie par chaque FCU.

2.4. Les Réservoirs, les Bassins et les Ventilateurs d'Extraction

'Arizona Gym' comporte un bassin d'eau purifiée, un bassin qui contient de l'eau et du chlore, deux réservoirs de diesel, quatre réservoirs d'eau chaude, un réservoir contenant les déchets provenant de la piscine, un réservoir contenant l'eau usée, un réservoir contenant les déchets provenant du système de filtrage, un réservoir contenant de l'eau provenant du puits et quatre ventilateurs d'extractions.

Pour les réservoirs contenant les déchets provenant: de la piscine, du système de filtrage, et de l'usage domestique, et qui sont équipés respectivement par: deux pompes, deux pompes et trois pompes. Le système BMS est appelé à exécuter les fonctions suivantes en regard de chacun de ces équipements:

-La surveillance des points suivants:

1. Le niveau du liquide contenu dans chaque bassin et cela à travers quatre capteurs insérés dans chacun d'eux et qui indiquent si le niveau est faible-faible, faible, moyen, ou élevé.
2. Le statut de chaque pompe présente dans chaque bassin.
3. La présence d'une erreur de marche de chaque pompe.

- Le contrôle des points suivants:

1. La génération d'un signal d'alarme dans le cas où le niveau du liquide arrive à son maximum dans un bassin et risquera donc d'une fuite.
2. La génération d'un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche d'une pompe.

Pour le réservoir contenant l'eau provenant du puits et qui est équipé par deux pompes, le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes:

- La surveillance des points suivants:

1. Le niveau de l'eau contenu dans le bassin et cela à travers quatre capteurs insérés, qui indiquent si le niveau est faible-faible, faible, moyen, ou élevé.
2. Le statut de chaque pompe présente dans le bassin.
3. La présence d'une erreur de marche de chaque pompe.

- Le contrôle des points suivants:

1. La génération d'un signal d'alarme si le niveau du liquide arrive à son minimum dans le bassin.

2. La génération d'un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche d'une pompe.

Pour le bassin contenant de l'eau purifiée et le bassin contenant de l'eau et du chlore, le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes:

- La surveillance des points suivants:

1. Le niveau du liquide contenu dans chaque bassin et cela à travers deux capteurs de pressions qui mesurent la pression du liquide existant. Ces capteurs sont installés au fond des deux bassins et ils permettent d'obtenir une lecture analogique, en pourcentage, du niveau du liquide.
2. Le statut de chaque pompe.
3. La présence d'une erreur de marche de chaque pompe.

- Le contrôle des points suivants:

1. Donner la permission au système qui contrôle le fonctionnement des pompes de fonctionner ou pas.
2. Générer un signal d'alarme si le niveau du liquide arrive à son minimum ou à son maximum dans chacun des deux bassins.
3. Générer un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche d'une pompe.

Pour le système de purification de l'eau (RO system), le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes:

- La surveillance des points suivants:

1. Le statut du système de filtrage.
2. La présence d'une erreur de marche du système.

- Le contrôle des points suivants:

1. Démarrer ou arrêter le système selon les niveaux des liquides contenus dans les deux bassins cités ci-dessus.
2. Générer un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche du système.

Pour les réservoirs de diesel, le système BMS doit visualiser le niveau du diesel dans les réservoirs. Cela, se réalise en mesurant la pression du diesel existant, à travers un capteur de pression. La pression mesurée permet de conclure le niveau du diesel présent, permettant ainsi l'affichage d'une valeur analogique du niveau.

Pour les quatre réservoirs d'eau chaude, le système BMS doit mesurer la température de l'eau existante, ce qui permet de contrôler les valves à leurs entrées.

Si, la température de l'eau est plus faible que 65 °C, les valves s'ouvrent permettant ainsi le chauffage de l'eau par le circuit d'eau provenant des chaudières. Sinon, les valves se ferment, interdisant le chauffage de l'eau contenu dans les réservoirs.



Figure 6: Vue extérieure de deux réservoirs d'eau chaude, installés dans 'Arizona Gym'.

Pour les quatre ventilateurs qui assurent l'extraction de l'air polluée du parking, le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes:

- La surveillance des points suivants:

1. Le statut de chaque ventilateur.
2. La présence d'une erreur de marche de chaque ventilateur.

- Le contrôle des points suivants:

1. Démarrer ou arrêter chaque ventilateur.
2. Générer un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche de chaque ventilateur.

2.5. Les Chaudières

Les chaudières sont des récipients fermés, dans lesquels l'eau ou un autre liquide est chauffé ou vaporisé, et cela à partir de l'énergie calorifique provenant d'une combustion ou d'une énergie électrique. [3]

L'eau chaude est ensuite utilisée comme une source de chaleur pour chauffer l'air sortant des AHUs et des FCUs, ou pour chauffer l'eau.



Figure 7: Vue extérieure d'une chaudière installée dans 'Arizona Gym'.

'Arizona Gym' comporte deux chaudières manufacturées par WEISHAUPT, connectés au système BMS.

Les fonctions réalisées par le système BMS vis-à-vis de ces équipements sont les suivantes:

-Le contrôle des points suivants:

1. Donner la permission au système qui contrôle le fonctionnement des chaudières de fonctionner ou pas.
2. Générer une alarme dans le cas d'un défaut ou d'une alerte.
3. Contrôler les vannes qui déterminent la source de réchauffement de l'eau provenant des AHUs, des FCUs et de la piscine: l'eau est réchauffée soit à travers le refroidisseur, soit à travers les chaudières et cela selon la valeur de sa température.

-La surveillance des points suivants:

1. Le statut en temps réel de chaque chaudière (marche ou arrêt).
2. La présence d'une erreur de marche de chaque chaudière.
3. La circulation de l'eau à travers les tuyaux entrants dans chaque chaudière.
4. La température de l'eau contenue dans chaque chaudière.
5. La température de l'eau revenant de la piscine.

2.6. Le Sauna

Le sauna est un bain de vapeur d'origine finlandaise. Il se pratique dans une petite cabane en bois ou une pièce dans laquelle se prend un bain de chaleur sèche, dont la température varie entre 70 °C et 100 °C. Le chauffage de la pièce peut être induit par un poêle à bois ou électrique, qui chauffe des pierres sur lesquelles se verse de l'eau pour créer de la vapeur et augmenter la température. [4]



Figure 8: Une cabane de sauna.

‘Arizona Gym’ comporte deux cabanes de sauna, une pour les hommes et l’autre pour les femmes. Elles sont reliées au système BMS dans le but de:

- Surveiller: le statut de chaque sauna en temps réel (marche ou arrêt du système électrique).
- Contrôler: la marche et l’arrêt du système électrique de chaque sauna.

2.7.Le Jacuzzi

Par définition, un jacuzzi est une baignoire munie de buses, diffusant de l'eau sous pression et de l'air pulsé. Le mot jacuzzi vient du nom Candido Jacuzzi, qui a créé ce système en 1956. [5]



Figure 9: Un jacuzzi.

‘Arizona Gym’ comporte un jacuzzi, dont son système électrique est relié au système BMS qui permet de:

-Surveiller les points suivants:

1. Le statut en temps réel du jacuzzi (marche ou arrêt du système électrique).
2. La présence d'une erreur de marche en cas de défaut.
3. La température de l'eau à l'intérieur du jacuzzi.

-Contrôler les points suivants:

1. Démarrer ou arrêter le système électrique du jacuzzi.
2. Générer une alarme dont le cas d'une erreur de marche.
3. Fermer ou ouvrir la valve qui permet l'alimentation du jacuzzi par l'eau chaude et cela selon la température de l'eau existant.

2.8.La Piscine

‘Arizona Gym’ comporte dans l’étage sous-sol 3 une piscine chauffée, dont son système mécanique et son système électrique sont reliés au système BMS, dans le but de faciliter la surveillance et le contrôle de cette installation.



Figure 10: La piscine de ‘Arizona Gym’.

Le système BMS doit réaliser les fonctions suivantes:

- La surveillance des points suivants:

1. Le statut de la piscine (marche ou arrêt du système électrique).
2. La présence d’une erreur de marche en cas de défaut.
3. Le statut de chaque pompe qui alimente la piscine par l’eau chaude (il existe deux pompes).
4. La présence d’une erreur de marche de chaque pompe.
5. La température de l’eau à l’intérieur de la piscine.

- Le contrôle des points suivants:

1. Démarrer ou arrêter le système électrique de la piscine.
2. Générer une alarme dont le cas d’une erreur de marche du système électrique de la piscine.
3. Démarrer ou arrêter chaque pompe de circulation.

4. Générer un signal d'alarme dans le cas d'une erreur de marche de chaque pompe.
5. Fermer ou ouvrir la valve qui permet l'alimentation de la piscine par l'eau chaude et cela selon la température de l'eau existante.

2.9.Le Refroidisseur

Un refroidisseur d'eau est un appareil de réfrigération qui produit de l'eau froide. Cette eau est utilisée dans les systèmes de climatisation ou pour refroidir certains équipements.

En fait, c'est un système complet qui comprend des condensateurs, des réfrigérants, des tuyaux et des réservoirs d'expansion du liquide de refroidissement...l'eau est refroidie à des températures autour de 10°C et pompée à travers un circuit hydraulique pour atteindre sa destination. [6]

Ces systèmes conçus pour les moyennes et grandes capacités de refroidissement, peuvent refroidir un circuit d'eau en envoyant sa chaleur vers un autre circuit d'eau.

Le circuit d'eau utilisé pour éliminer la chaleur est refroidi par une tour d'eau durant laquelle sa température est diminuée. Et, au lieu de rejeter cette chaleur dans l'atmosphère elle peut être récupérée pour des utilisations efficaces.

L'énergie récupérée de l'eau refroidie peut être utilisée pour:

- Le chauffage de l'eau potable.
- Le chauffage et la climatisation des bâtiments, avec les unités de ventilation à l'eau.
- Le chauffage de l'eau utilisée pour les piscines. [7]

'Arizona Gym' comporte un refroidisseur constitué de trois compresseurs de puissances diverses et d'un circuit hydraulique formé de réservoirs et de pompes.



Figure 11: La chambre contenant le refroidisseur avec ses équipements.

Le refroidisseur avec ses équipements sont reliés au système BMS qui assure les fonctions suivantes:

-La surveillance des points suivants:

1. Le statut de chaque pompe du système.
2. La présence d'une erreur de marche de chaque pompe.
3. Le statut de chaque compresseur du refroidisseur.
4. La présence d'une erreur de marche d'un compresseur.
5. La température de l'eau à l'intérieur du refroidisseur.
6. La circulation de l'eau à travers les tuyaux entrants dans chaque réservoir d'eau chaude.
7. La température de l'eau revenant des AHUs et des FCUs.

-Le contrôle des points suivants:

1. Le démarrage et l'arrêt de toutes les pompes du système hydraulique.
2. Donner la permission au système qui contrôle le démarrage et l'arrêt de chaque compresseur de fonctionner ou pas selon la puissance électrique permise restante.
3. La génération d'une alarme dans le cas d'un défaut ou d'une alerte.
4. Le contrôle des vannes qui permettent le réchauffement de l'eau revenant des AHUs, des FCUs, et de la piscine soit à travers le refroidisseur soit à travers les chaudières. Cela dépend de la température de l'eau revenant.

2.10. Les Générateurs

‘Arizona Gym’ est équipée par trois générateurs électriques de puissances: 350 kVA, 250 kVA et 200 kVA respectivement, qui assurent l’alimentation du centre en électricité, dans le cas d’absence de celle provenant de l’électricité du Liban. De plus, il existe un ATS qui assure le transfert de l’énergie électrique provenant de l’EDL et/ou des générateurs électriques aux divers équipements du centre.



Figure 12: Vue extérieure d’un générateur installé dans ‘Arizona Gym’.

Les trois générateurs et l'ATS sont reliés au système BMS qui permet de surveiller les points suivants:

1. Le voltage des trois phases des générateurs au niveau de l'ATS.
2. L'ampérage des trois phases des générateurs au niveau de l'ATS.
3. La fréquence de l'électricité des générateurs au niveau de l'ATS.
4. La puissance active, la puissance réactive et la puissance apparente de l'électricité au niveau de l'ATS.
5. Le déphasage électrique au niveau de l'ATS.
6. Le voltage des trois phases de l'EDL au niveau de l'ATS.
7. La fréquence de l'électricité de l'EDL au niveau de l'ATS.
8. Le voltage de chaque phase de chaque générateur.
9. Le courant de chaque phase de chaque générateur.
10. La fréquence de l'électricité de chaque générateur.
11. La puissance active, la puissance réactive et la puissance apparente de l'électricité de chaque générateur.
12. Le déphasage électrique de l'électricité de chaque générateur.
13. La température de l'eau de chaque générateur.
14. La pression de l'huile de chaque générateur.
15. Le nombre d'heures de fonctionnement de chaque générateur.
16. Le voltage des batteries de chaque générateur.
17. La vitesse de rotation de chaque générateur.

2.11. Les Circuits et les Systèmes Électriques

L'installation électrique comporte également, en plus de ce qui précède, des tableaux électriques de distribution et des systèmes de surveillance et de protection.

Les tableaux électriques contiennent des appareils de protection et de contrôle, tel que les disjoncteurs (MCBs, MCCBs, RCCBs...), les relais et les contacteurs.

Parmi les systèmes de surveillance et de contrôle on nomme: le système CCTV de vidéosurveillance et le système FACP pour les incendies.

Ces équipements sont aussi reliés au système BMS qui assure leur surveillance et leur contrôle.

-La surveillance en:

1. Détectant le statut de chaque MCB ou MCCB en temps réel.
2. Détectant une erreur comme une surintensité ou un survoltage.
3. Détectant un courant de fuite à travers le statut de chaque RCCB.
4. Détectant une erreur de fonctionnement d'un système tel que le système CCTV.
5. Détectant un mouvement à travers les portes principales de la gym, grâce aux détecteurs de mouvements.

-Le contrôle en:

1. Donnant ou coupant l'alimentation d'un tableau de distribution, à travers le contacteur principal présent dans chacun de ces tableaux.
2. Générant une alarme dans le cas d'un défaut.

Chapitre 3 : Les Exigences du Projet

3.1.Introduction

La réalisation d'un projet BMS exige de suivre plusieurs étapes qui commencent par la préparation du calendrier des entrées et des sorties et qui se terminent par la mise en service du projet.

Toutes les étapes doivent être réalisées d'une façon précise et professionnelle tout en respectant le cahier des charges du projet et la règle 'qualité-temps-prix'.

En fait, il existe huit étapes à réaliser dans le but d'accomplir un projet BMS. Ces étapes sont les suivantes selon l'ordre chronologique:

1. La préparation du calendrier des entrées et des sorties.
2. L'identification de l'architecture du système BMS.
3. La sélection des composants nécessaires.
4. La préparation des dessins électriques.
5. L'assemblage des tableaux électriques.
6. La programmation des contrôleurs.
7. La programmation et la préparation des graphiques de la station d'opération.
8. Les essais et la mise en service du projet.

Dans ce qui suit, je veux parler de chacune de ces étapes et comment elles sont accomplies vis-à-vis du présent projet 'Arizona Gym'.

3.2.La Préparation du Calendrier des Entrées et des Sorties

L'étude du projet commence par la préparation du calendrier des entrées et des sorties reliées au système BMS. Ce calendrier peut être préparé par l'une de ces deux personnes:

- 1) Le consultant responsable du projet.
- 2) La compagnie responsable de l'installation du système BMS du projet:

L'ingénieur électrique responsable du projet propose au consultant un calendrier des entrées et des sorties qui doivent être reliées au système BMS. Le calendrier proposé est sélectionné d'après les documents informatifs relatifs au projet, en choisissant les points essentiels et utiles à être reliés au système BMS.

Dans le présent projet, le calendrier des entrées et des sorties est préparé par le consultant.

'AutomatiX' a proposé le changement et l'ajout de quelques points qui peuvent être utiles s'ils sont intégrés dans ce système d'automatisation.

En fait, le calendrier des entrées et des sorties définit:

1. La nature de l'entrée ou de la sortie: analogue ou digitale.
2. L'équipement auquel l'entrée ou la sortie fait partie.
3. La description de l'entrée ou de la sortie: un statut, une erreur, une commande....
4. La nature du bus de communication nécessaire: LonTalk, ModBus...

Dans ‘Arizona Gym’, le nombre total des entrées et des sorties reliées au système BMS est de 606 points qui sont distribués comme suit:

Tableau 2: La distribution des entrées et des sorties reliées au système BMS.

| PARTS | DI | DO | AI | AO | Data points (ModBus) |
|---|------------|------------|-----------|-----------|----------------------|
| B1 - Heaters, Chiller, Generators, UPS, MDB-ATS, SYNCHRO | 31 | 15 | 7 | 0 | 66 |
| B1, B2, B3, B4 - Electrical Circuits Control & Monitoring | 60 | 8 | 1 | 0 | 0 |
| B1 - AHUs | 54 | 18 | 18 | 18 | 0 |
| B2 - AHUs | 24 | 8 | 8 | 8 | 0 |
| B2 - FCUs | 20 | 100 | 20 | 0 | 0 |
| B3 - FCUs | 4 | 20 | 4 | 0 | 0 |
| B3 - Sauna | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| B4 - Boilers | 6 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| B4 - Jacuzzi | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| B4 - Pool | 6 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| B4 - Water Tanks, Submersibles, Fans | 50 | 8 | 2 | 0 | 0 |
| TOTAL | 259 | 187 | 66 | 28 | 66 |

3.3.L'identification de l'Architecture du Système BMS

La deuxième étape à réaliser est l'identification de l'architecture du système BMS.

Cette étape consiste à identifier:

- Le nombre des tableaux électriques.
- La localisation des tableaux électriques.
- Le type de communication entre eux.

Pour réaliser cela, il faut revenir aux documents qui décrivent le projet, dans le but de savoir l'architecture du bâtiment et la localisation des équipements qui doivent être reliés au système BMS.

Le nombre et la localisation des tableaux doivent être identifiés de façon à ce que toutes les entrées et toutes les sorties soient reliées à leurs destinations d'une façon optimale et la plus économique possible, tout en respectant les exigences des bus de communication.

D'où, 'Arizona Gym' est équipé par vingt-deux tableaux distribués comme suit:

Le sous-sol 1 comporte trois tableaux:

1. 'Heaters and Chiller'.
2. 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.
3. 'Generators, MDBs, ATS'.

Le sous-sol 2 comporte quatorze tableaux:

1. 'AHU-01'.
2. 'AHU-02'.
3. 'AHU-03'.
4. 'AHU-04'.
5. 'AHU-05'.
6. 'AHU-06'.
7. 'AHU-07'.
8. 'AHU-08'.
9. 'AHU-09'.
10. 'AHU-10'.
11. 'FAHU'.
12. 'FAHU-01'.
13. 'DEHUMIDIFIER'.

14. FCU.

Le sous-sol 3 comporte un tableau:

1. 'Sauna'.

Le sous-sol 4 comporte quatre tableaux:

1. 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
2. 'Pool'.
3. 'Jacuzzi'.
4. 'Boilers'.

Cette décomposition est faite de façon à ce que:

1. Le tableau 'Heaters and Chiller' soit le plus proche possible du refroidisseur, des réservoirs d'eaux chaudes et des générateurs qui sont localisés dans une même zone du sous-sol 1.
2. Le tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits' soit proche des équipements électriques tel que les tableaux de distribution, l'ascenseur, et les systèmes FACP et CCTV.
3. Le tableau 'Generators, MDBs, ATS' soit proche des générateurs, des MDBs et du tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits', comme ces deux tableaux sont reliés au même contrôleur.

N.B. la distance entre les deux tableaux: 'Power Monitoring and Electrical Circuits' et 'Generators, MDBs, ATS' ne doit pas dépasser 2x200m (nécessité d'un répéteur), la distance maximale permise pour une extension du bus.

4. Chaque AHU, FAHU et déshumidificateur a son propre tableau de contrôle installé à côté de l'appareil.
5. Le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' soit proche des bassins, des réservoirs, des ventilateurs d'extraction et du système de purification de l'eau 'RO system'.
6. Les tableaux 'Pool', 'Jacuzzi', 'Boilers' et 'Sauna' soient proches respectivement des équipements de la piscine, du jacuzzi, des chaudières et du sauna. En même temps, la distance entre ces tableaux et le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' n'excède pas les 2x200m, comme ces tableaux sont reliés au même contrôleur.

3.4.La Sélection des Composants

La troisième étape à réaliser est la sélection des composants électriques, des composants mécaniques et des logiciels nécessaires pour le système d'automatisation.

Cette sélection est réalisée suivant:

1. L'architecture du système BMS.
2. Le nombre et la nature des entrées et des sorties reliées au système BMS.
3. La nature des bus de communication utilisés.
4. Le cahier des charges.
5. Les besoins techniques nécessaires.

Le tableau électrique d'un système BMS produit par Siemens comporte en général:

1. Un contrôleur compact ou modulaire.
2. Des modules d'entrées et de sorties, analogiques et/ou digitales.
3. Un ou plusieurs modules d'alimentation 24 VDC.
4. Un ou plusieurs modules de connexion de bus.
5. Un ou plusieurs modules d'extension de bus (Dans le cas où plusieurs tableaux sont opérés par le même contrôleur).
6. Un ou plusieurs modules d'intégration d'autres bus de communication au bus de communication principal du système BMS. (Dans le cas d'intégration d'un bus de communication ModBus par exemple au système BMS existant).
7. Un transformateur 220V/24VAC.
8. Des dispositifs de protection (disjoncteurs, fusibles...).
9. Des jonctions.
10. Des accessoires.

Tableau 4: Les composants d'un tableau électrique d'un système BMS ayant un contrôleur modulaire 'PXC100.D'.

| ITEM | SPECIFICATION | BRAND | ORDER NUMBER |
|-----------------------------|---|---------|-----------------|
| CONTROLLER | Automation station BACnet/LonTalk, with up to 200 data points | SIEMENS | PXC100.D |
| ADDRESS KEYS | Address keys 1...24 + 2 reset keys | SIEMENS | TXA1.K-24 |
| POWER SUPPLY | TX-I/O Power Supply Modules 24 VDC Supply 1200 mA, 10 A Fuse | SIEMENS | TXS1.12F10 |
| ISLAND BUS EXPANSION MODULE | Island bus expansion module for decentralized sub-islands with TX-I/O-modules | SIEMENS | TXA1.IBE |
| INTEGRATION MODULE | TX Open RS232/485 module for integrating third-party systems and devices to Desigo | SIEMENS | TXI1.OPEN |
| I/O MODULE | 6 Relay output module | SIEMENS | TXM1.6R |
| I/O MODULE | 8 Digital Input Module | SIEMENS | TXM1.8D |
| I/O MODULE | 8 Universal I/O Module | SIEMENS | TXM1.8U |
| CONNECTION MODULE | BUS Connection Module, 10A Fuse | SIEMENS | TXS1.EF10 |
| TRANSFORMER | TRANSFORMER 220/24 VAC - 100 VA | - | DLX-JBK5-100VA |
| CIRCUIT BREAKER | CIRCUIT BREAKER 400V 6KA, 2POLE, C, 2A | SIEMENS | 5SL6202-7 |
| FUSE HOLDER | BUILT-IN FUSE BASE FOR CYLINDRICAL FUSES SIZE 10X38MM 32A, 2POLE | SIEMENS | 3NW7023 |
| FUSE | CYLINDRICAL FUSE GG ACC. TO FRENCH STANDARD (NFC) WITHOUT INDICATOR SIZE 10X38MM, 500V 6A | SIEMENS | 3NW6001-1 |
| CABINET | 600x600x210mm AE COMPACT ENCLOSURE | RITTAL | RIT-AE 1060.500 |
| ACCESSORIES | | | |

De plus, dans cette étape du travail, il faut:

- 1) Sélectionner et identifier le nombre, des vannes, des actionneurs, des unités de contrôle, des capteurs et des cabines dont on a besoin.
- 2) Sélectionner les équipements de la salle d'opération: l'ordinateur, l'imprimante, le scanner, le UPS, l'écran LCD...
- 3) Sélectionner le logiciel 'Desigo Insight' (Voir chapitre 4 partie 2.2) dont on a besoin: il est choisi selon le nombre des points à contrôler et à surveiller, et les fonctions à exécuter.

Tableau 5: Exemple des composants d'une salle d'opération d'un système BMS.

| WORKSTATION | | | |
|--------------------------|--|----------|--------------------|
| ITEM | SPECIFICATION | BRAND | ORDER NUMBER |
| OPERATOR WORKSTATION | HP 400PD MT Intel CPU Core i5-4570, 3.2GHz 6MB Cache4GB DDR3 RAM500GB Sata HDDVGA SharedHP USB Keyboard and mouseDOS | HP | D5T49EA-ABV |
| RACK PC Redundant Server | SIMATIC IPC547D (RACK PC, 19", 4U); INTERFACES: 2X GBIT LAN (RJ45), 1X DISPLAYPORT, 1X DVI-I, 8X USB BACK, 2X USB FRONT, 1X USB INTERNAL, 1X SERIAL (COM1), 2X PS/2, AUDIO; 7 EXP. SLOTS (LONG): 4X PCI, 1X PCIE X16, 1X PCIE X16 (4 LANES), 1X PCIE X8 (1 LANE); DRIVE BAYS: 6 (3X 5.25", 1X 3.5" FRONT-ACCESS; 2X 3.5" INTERNAL); TEMPERATURE AND FAN CONTROL; WATCHDOG; BOARD RETAINERS; CORE I5-2400 (4C/4T, 3.1 GHZ, 6 MB LL CACHE, TURBO BOOST 2.0, EM64T,VT-X/-D, IAMT); RAID1, 1TB (2X 1TB HDD SATA, DATA MI | SIEMENS | 6AG4104-2CD22-4FX0 |
| ETHERNET SWITCH | Switch | HP | - |
| LASER PRINTER | HP CP1025 SINGLE FUNCTION COLOR LASER PRINTER | HP | - |
| KVM extenders | Trendnet KVM Extension Kit | Trendnet | TK-EX4 |
| SCREEN | HP LA2205wg 22" Widescreen LCD monitor | HP | - |
| ROUTER | BACnet Router Ethernet/IP-LonTalk-MS/TP | SIEMENS | S55842-Z105-A100 |
| BUS TERMINATOR | Bus terminator 105 Ohm for LonWorks bus | SIEMENS | RXZ02.1 |
| ACCESSORIES | | | |

Dans 'Arizona Gym', on a choisi les composants électriques nécessaires au système BMS de façon à ce que:

- 1) Chaque AHU, FAHU, et déshumidificateur a son propre contrôleur compact 'PXC12.D' et qui comporte toutes les entrées et toutes les sorties nécessaires.
- 2) Chaque FCU a son propre unité de contrôle 'RDG100.KN' qui est installée dans la salle climatisée par ce FCU. Toutes les unités de contrôle sont connectées à un contrôleur principal 'PXC00-U' qui permet la communication KNX-LonTalk. La communication entre les unités de contrôle se réalise avec le protocole KNX alors que celle du système BMS est LonTalk.
- 3) Le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' comporte un contrôleur modulaire 'PXC100.D' qui peut supporter jusqu'à 200 entrées-sorties et qui contrôle le fonctionnement de quatre autres tableaux qui sont: 'Pool', 'Jacuzzi', 'Boilers' et 'Sauna'.

- 4) Les tableaux 'Pool', 'Jacuzzi', 'Boilers' et 'Sauna' soient des extensions provenant du tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' et qu'ils contiennent les modules d'entrées et de sorties nécessaires aux points qu'ils contrôlent et/ou qu'ils surveillent.
- 5) Le tableau 'Heaters and Chiller' possède son propre contrôleur modulaire 'PXC100.D' capable de surveiller et de contrôler toutes les entrées et les sorties connectées à ses modules.
- 6) Le tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits' possède un contrôleur modulaire 'PXC100.D' capable de surveiller et de contrôler les entrées et les sorties connectées à ses modules, ainsi que celles connectées aux modules du tableau 'Generators, MDBs, ATS'
- 7) Le tableau 'Generators, MDBs, ATS' soit une extension provenant du tableau 'Power monitoring and Electrical Circuits' et qu'il contient les modules d'entrées et de sorties nécessaires aux points qu'il contrôle et/ou qu'il surveille.
- 8) Les vannes, les actionneurs, et les capteurs soient sélectionnés et installés convenablement, assurant alors une bonne lecture et un bon contrôle des équipements de la gym.
- 9) La salle d'opération soit équipée par tous les composants assurant une bonne gestion et une bonne surveillance du complexe sportif à partir du système BMS, y inclus le logiciel 'Desigo Insight' comportant les fonctions qui répondent aux demandes du client.

3.5. La Préparation des Dessins Électriques

La quatrième étape à réaliser est la préparation des dessins électriques qui définissent:

- 1) Les connexions entre les modules d'un tableau électrique.
- 2) Les connexions entre le tableau et les capteurs, les vannes, les actionneurs.
- 3) Les connexions entre un tableau et un autre.
- 4) Les types, les dimensions et les couleurs des câbles électriques utilisés.
- 5) L'emplacement des modules dans les tableaux.

Pour 'Arizona Gym', ces dessins électriques sont réalisés sur le logiciel AutoCad 2010 et ils sont groupés de façon à ce que chaque tableau électrique ait ses propres dessins électriques.

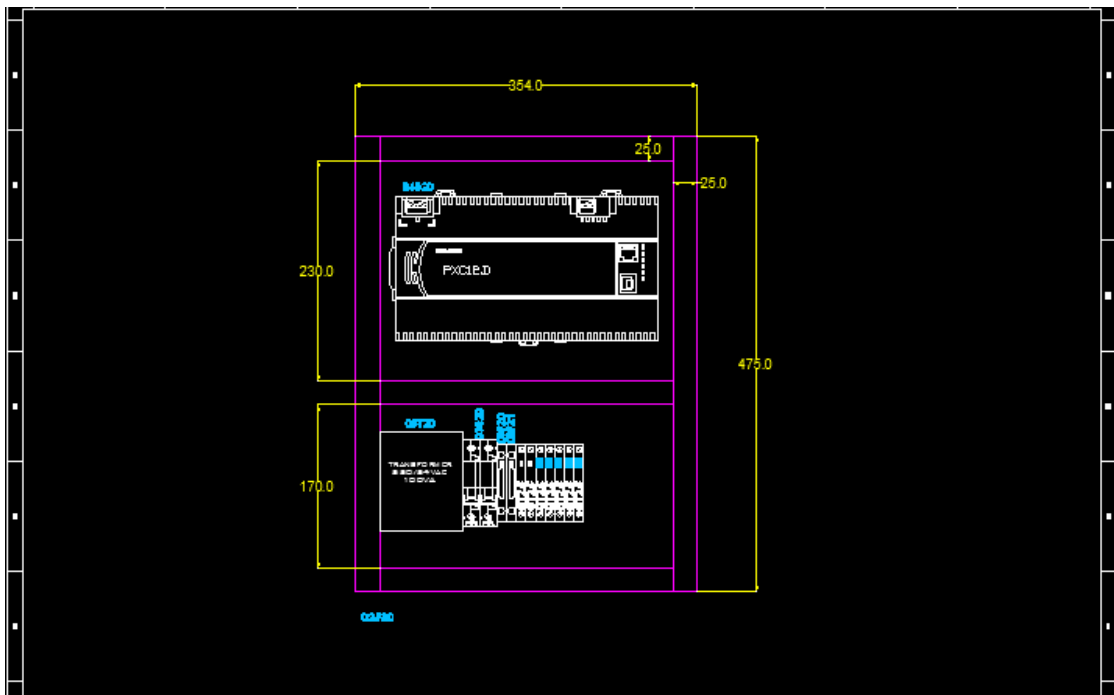


Figure 13: Le schéma d'un tableau électrique revenant à un AHU.

Dans ce qui suit, deux figures qui représentent les connexions d'un tableau électrique revenant à un AHU ayant un contrôleur compact 'PXC12.D'.

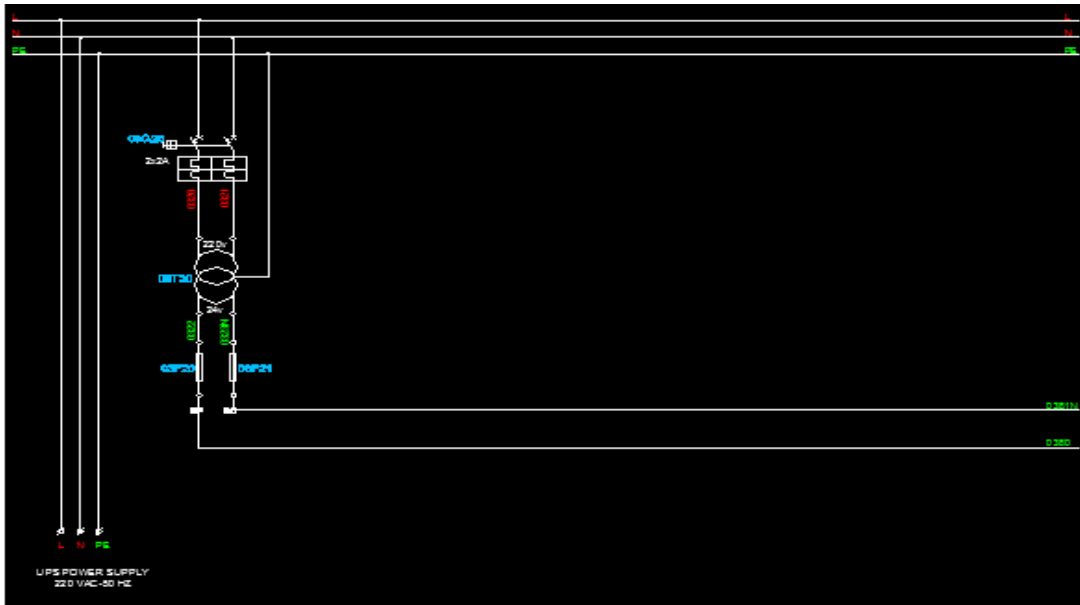


Figure 14: Les connexions de l'alimentation électrique du tableau.

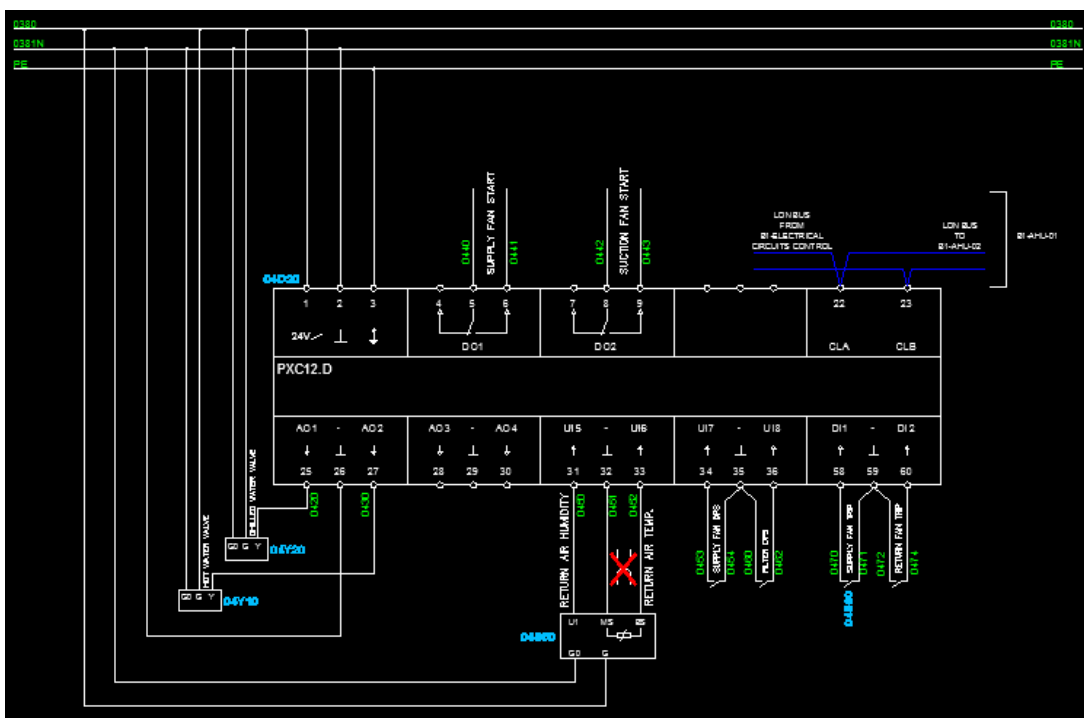


Figure 15: Les connexions du contrôleur 'PXC12.D'.

Les connexions entre un tableau électrique et ses actionneurs, ses capteurs et ses unités de contrôle sont placées dans un fichier connu sous le nom 'Cables Schedule'. Dans ce fichier, on trouve également les types de connexions entre un tableau et un autre.

En voici, deux figures qui représentent ces connexions pour le contrôleur d'un AHU, et pour le contrôleur d'un FCU.

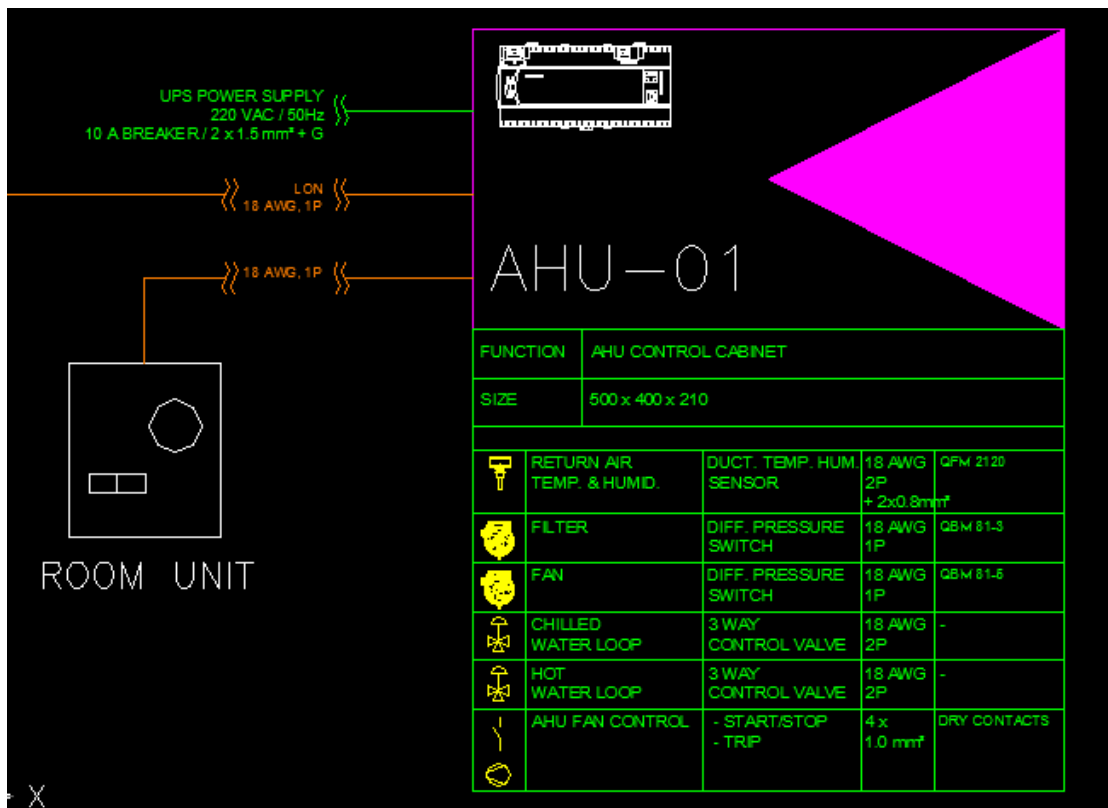


Figure 16: Le 'cable schedule' d'un contrôleur 'PXC12.D'.

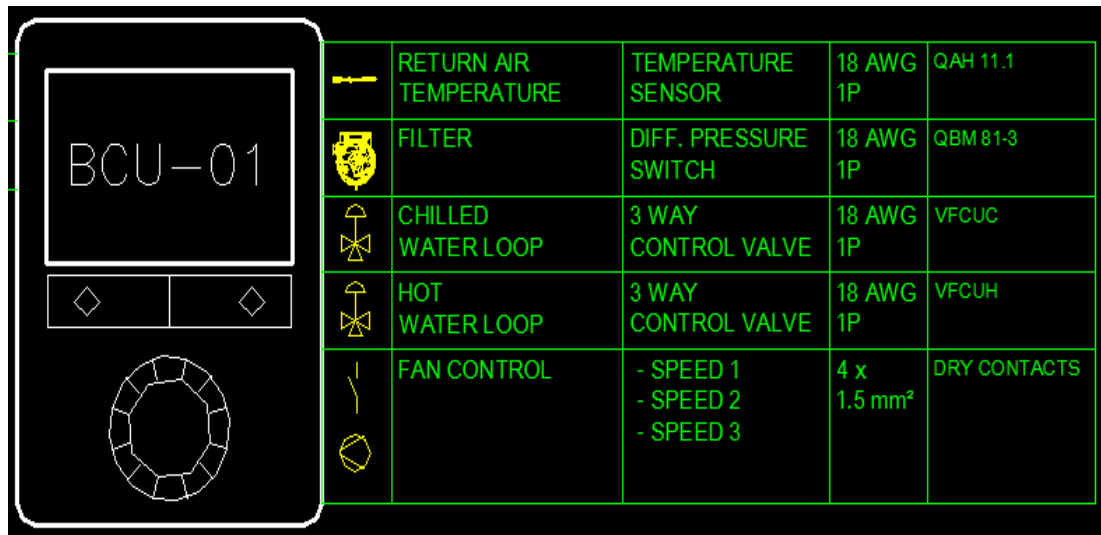


Figure 17: Le 'cable schedule' de l'unité de contrôle 'RDG100.KN'.

3.6.L'assemblage des Tableaux Électriques

Une fois les dessins électriques sont réalisés, et les composants électriques nécessaires sont reçus des fournisseurs, l'assemblage des tableaux peut commencer.

Ces tableaux sont assemblés dans l'atelier de la compagnie, par les techniciens électriques.

Toute modification faite durant cette phase aux dessins électriques doit être notée, dans le but de les corriger et préparer de nouvelles versions de dessins appelés les 'As-Built's'.

L'assemblage des tableaux doit tenir en compte l'utilisation des sections convenables et des couleurs standards pour les câbles électriques, ainsi qu'une bonne application des données présentes dans les dessins électriques.

Une fois l'assemblage est fini, le tableau électrique est testé pour vérifier son bon fonctionnement, avant qu'il soit envoyé à sa destination.



Figure 18: L'atelier de la compagnie 'AutomatiX s.a.l'.

Dans le présent projet, j'ai assisté à l'assemblage des tableaux électriques nécessaires au système BMS et la préparation des nouvelles versions des dessins électriques: les 'As-Built's'.

L'assemblage des tableaux a duré sept jours. Ensuite, ces tableaux sont testés et envoyés au chantier.

3.7. La Programmation sur le Logiciel Xworks

C'est dans cette phase qu'on définit la fonction et le rôle de chaque contrôleur 'PXC...D' choisi.

La programmation sur le logiciel Xworks spécifique de Siemens consiste à créer des blocs et à réaliser des connexions entre eux.

Ces blocs peuvent être: des entrées digitales, des entrées analogiques, des sorties digitales, des sorties analogiques, des blocs de contrôles PID, des sélecteurs, des compteurs, des convertisseurs, des comparateurs...

Pour chaque contrôleur, on définit ses entrées et ses sorties, leurs adresses, leurs natures (analogiques ou digitales) et la relation logique qui contrôle le fonctionnement des sorties selon le statut des entrées.

Dans ce projet, la programmation sur le logiciel Xworks a été divisée en dix-sept programmes revenant aux dix-sept contrôleurs déjà choisis.

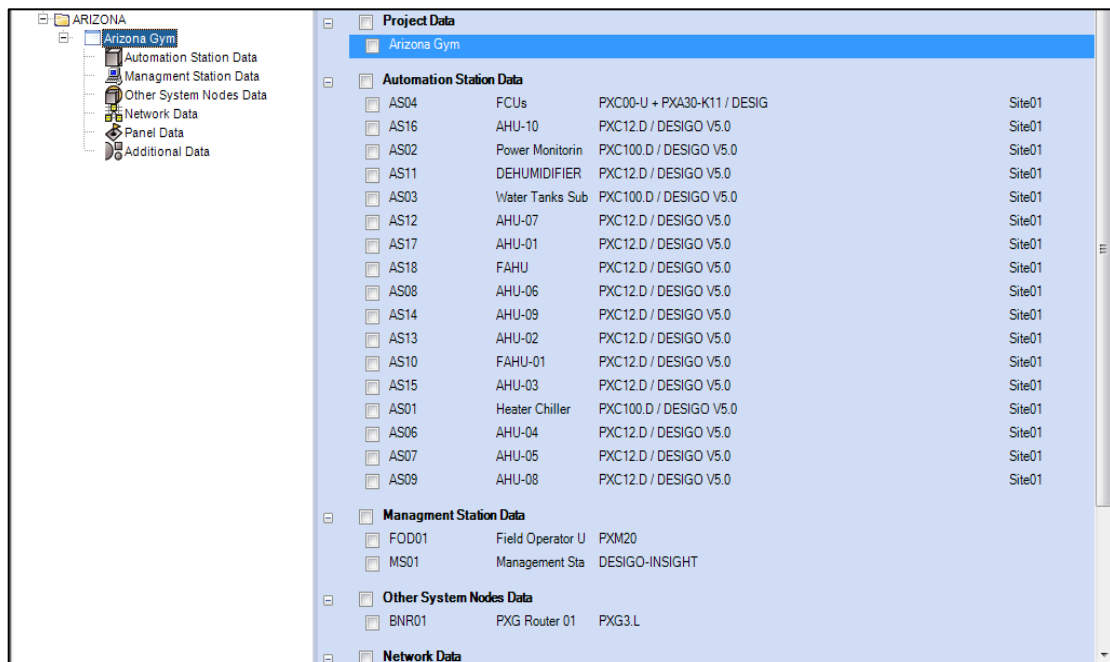


Figure 19: Les titres des dix-sept programmes réalisés sur Xworks.

Ma contribution dans cette étape de travail était dans la préparation de ces dix-sept programmes qui déterminent le rôle et les fonctions de chaque contrôleur selon les exigences techniques et le cahier des charges.

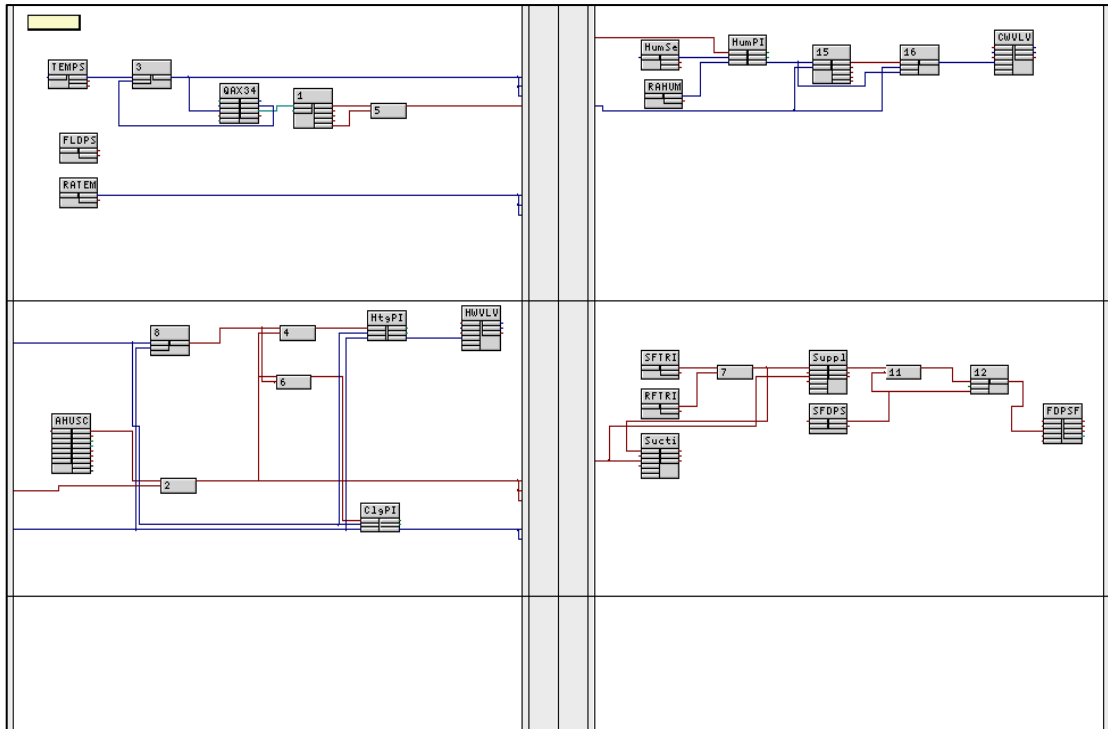


Figure 20: Le programme d'un contrôleur réalisé sur le logiciel Xworks.

La figure 20 représente un programme réalisé sur le logiciel Xworks pour le contrôleur d'un AHU. Ce programme est réalisé par les blocs fonctionnels suivants:
 Des entrées digitales, des entrées analogiques, des sorties digitales, des sorties analogiques, un calendrier, des blocs OU (OR), des blocs ET (AND), des blocs de contrôle PID, et des comparateurs.

3.8.La Programmation Sur le Logiciel Desigo Citect

La programmation sur le logiciel Desigo Citect consiste à:

Premièrement: préparer les dessins et les graphiques qui schématisent les équipements électriques et mécaniques, l'infrastructure, et d'autres systèmes qui sont reliés au système BMS. (Ils seront visualisés plus tard sur le logiciel Desigo Insight).

Deuxièmement: transmettre les données du logiciel Xworks au logiciel Desigo Citect, et les localiser dans leurs placements convenables, dans le but de pouvoir les visualiser sur les écrans de la salle d'opération.

Dans ce projet, j'ai participé à l'exécution des tâches nécessaires à cette étape du travail, de façon à ce que la surveillance et le contrôle des équipements du système BMS soient clairs et faciles.

Donc, les graphiques de la station d'opération sont faites de façon à ce que:

1. Chaque AHU ou FCU soit seule sur une page, permettant ainsi le contrôle et la surveillance de toutes ses données sans être en conflit avec d'autres équipements.
2. Les circuits et les systèmes électriques soient seuls sur une page.
3. Le refroidisseur et les chaudières soient seuls sur une page.
4. L'ATS et les MDBs soient seuls sur une page.
5. Les réservoirs et les bassins soient seuls sur une page.
6. Les informations provenant des générateurs soient seules sur une page.
7. Une page représente l'architecture du système BMS et la localisation des contrôleurs.
8. Quatre pages représentent l'architecture du centre de façon à ce que chaque étage soit représenté sur une page. Ces pages visualisent aussi les noms des équipements reliés au système BMS avec quelques informations reçues du système d'automatisation.
9. Une page représente les informations à propos du projet, et les informations à propos de notre entreprise pour le support.
10. Une page d'accueil contenant le nom du projet et une photo du centre.

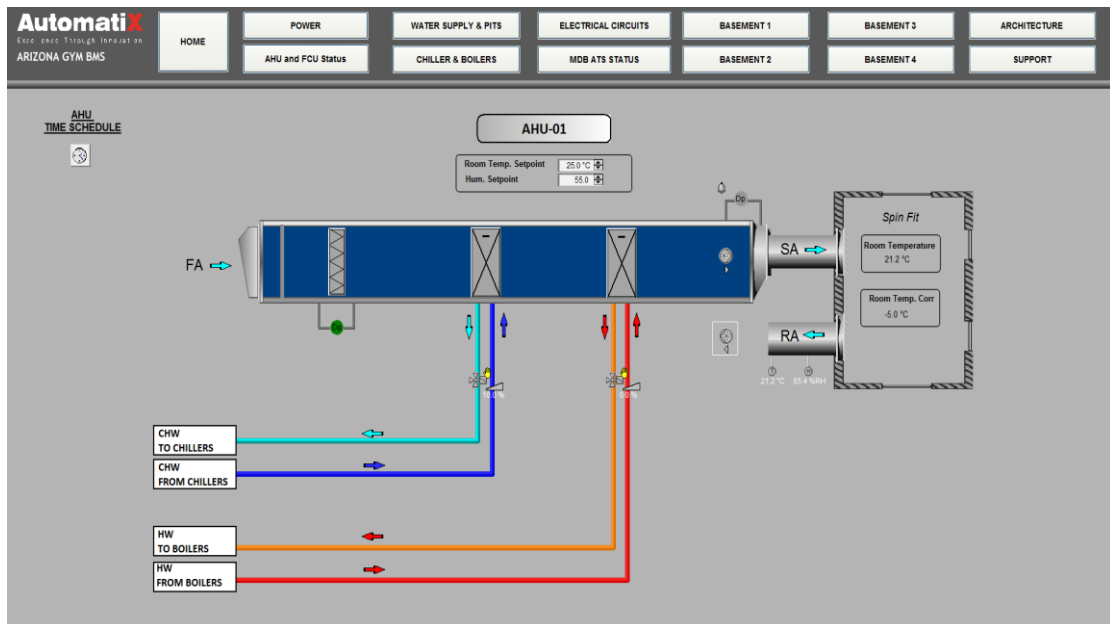


Figure 21: La schématisation d'un AHU et ses équipements sur la station d'opération.

Sur le logiciel Desigo Insight présent sur l'ordinateur de la salle d'opération, et en cliquant sur le nom d'un AHU par exemple, on obtient un schéma semblable à celui présent dans la figure 21. Ce schéma nous visualise: la température de la salle équipée par cet AHU, la température de l'air revenant de la salle, l'humidité de la salle, le statut du AHU (marche ou arrêt), le niveau d'ouverture des vannes d'eau chaude et d'eau froide...

De plus, en cliquant sur une vanne par exemple, on peut forcer son ouverture et/ou sa fermeture à un niveau donné, ou en cliquant sur la température de consigne, on peut changer sa valeur dans le but d'augmenter ou de diminuer la température de la salle.

Donc, à travers ce logiciel présent sur l'ordinateur de la salle d'opération, on peut contrôler et on peut surveiller tous les points reliés au système BMS d'une façon simple et facile.

3.9. Les Essais et la Mise en Service du Projet

Une fois les huit étapes ci-dessus sont achevées, la phase des essais et de la mise en service du projet peut commencer: les programmes réalisés sur le logiciel Xworks sont téléchargés aux contrôleurs, et les essais sont débutés.

Ces essais consistent à vérifier:

1. La surveillance et le contrôle des équipements électriques à partir du BMS.
2. La surveillance et le contrôle des équipements mécaniques à partir du BMS.
3. La surveillance des données provenant des capteurs à partir du BMS.
4. Le contrôle des actionneurs à partir du BMS.

Cela doit être réalisé par deux moyens différents:

1. Au moyen du logiciel 'Xworks' présent sur l'ordinateur de l'ingénieur opérant le système BMS.
2. Au moyen du logiciel 'Desigo' présent sur l'ordinateur de la salle d'opération.

En fait, ces essais permettent de tester:

1. Les entrées et les sorties connectées aux modules d'entrées et de sorties, et de vérifier la comptabilité des connexions faites avec celles des dessins électriques.
2. La communication entre les contrôleurs à travers le bus principal de communication.
3. La communication entre le bus principal et les autres bus utilisés.
4. Le fonctionnement des unités de contrôle: le 'QAX34.1' et le 'RDG100.KN'.

De plus, dans cette phase, les trajets limites de certains actionneurs sont calibrés, ainsi que les paramètres des régulateurs PID utilisés lors de la programmation sur le logiciel Xworks.

Une fois les essais et les tests sont terminés, le système d'automatisation peut être mis en service.

La version finale des programmes réalisés sur le logiciel Xworks est transmise au logiciel 'Desigo Citect'. Dans 'Desigo Citect' les données nécessaires aux graphiques sont corrigées selon la version finale reçue.

Une fois la neuvième étape est achevée, on aura un système BMS qui permet la surveillance et le contrôle de tous les équipements d'une façon efficace et facile.

Dans le présent projet, j'ai assisté à l'exécution de cette étape avec mon collègue, durant laquelle les essais sont réalisés selon l'ordre suivant:

1. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives aux AHUs.
2. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives aux FCUs, y inclus la vérification de la communication LonTalk-KNX.
3. La vérification de l'obtention des données provenant des capteurs relatifs aux infrastructures telles que les bassins et les réservoirs.
4. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives au sauna, aux ventilateurs d'extractions, et au système de filtrage.
5. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives à la piscine et au jacuzzi avec leurs équipements.
6. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives aux chaudières avec leurs équipements.
7. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives au refroidisseur avec ses équipements.
8. La vérification du fonctionnement des entrées et des sorties relatives aux circuits et aux systèmes électriques.
9. La vérification de l'obtention des données provenant des générateurs, et de l'ATS, y inclus la vérification de la communication LonTalk-Modbus.

Cet ordre est choisi en tenant en compte:

1. L'avancement du travail réalisé par les techniciens électriques concernant la connexion des entrées et des sorties à leurs destinations, l'alimentation des tableaux électrique en électricité, et la connexion du bus de communication.
2. L'avancement du travail réalisé par les techniciens mécaniques concernant l'installation des vannes, des actionneurs, et des capteurs.
3. Le degré de priorité proposé par le consultant et le client.

Quand on a terminé cette étape, on a mis en service le système BMS qui permet le contrôle et la surveillance de toutes les entrées et les sorties connectées à ses modules.

Enfin, une formation de personnel pour trois jours est réalisée pour les personnes destinées à opérer le système BMS à travers la station d'opération.

Chapitre 4 : L'identification des Matériels, des Logiciels et des Bus de Communication Utilisés

4.1.L'identification des Matériels

Dans cette partie du mémoire, je veux parler des matériels utilisés dans notre système BMS qui sont:

1. Les contrôleurs.
2. Les modules d'entrées et de sorties.
3. Le module d'alimentation et le module de connexion de bus.
4. Les unités de contrôle.
5. Le module 'TXI1.OPEN'.
6. Le module 'TXA1.IBE'.
7. Le routeur.
8. Les résistances.
9. Les vannes et les actionneurs.
10. Les capteurs.
11. Les transformateurs.
12. Les disjoncteurs et les fusibles.
13. Les câbles électriques.
14. Les cabines.

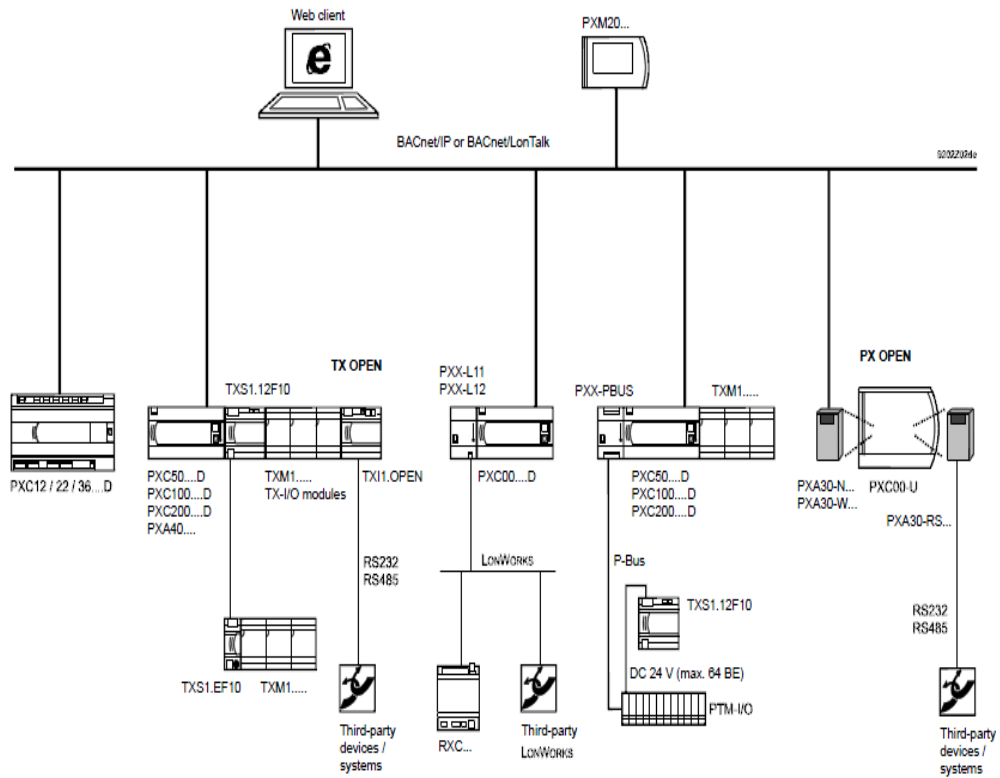


Figure 22: Les matériels d'un système BMS.

Reference:

https://www.siemens.be/cmc/upload/cms/docs/sbt/hvac/Brochures_Datasheets_manuals/NL/07_Building_Automation_Design/Brochures/Desigo%20PX%20-%20CM110756en%20-%20Systeem%20overzicht.pdf

Dans ce qui suit, une présentation de chacun de ces matériels, qui explique la sélection et les fonctions de chacun d'eux.

4.1.1. Les Contrôleurs

Le contrôleur est l'équipement qui permet le traitement des données et l'application des fonctions dans le système BMS.

Il existe chez Siemens deux séries de contrôleurs: les contrôleurs compacts et les contrôleurs modulaires. La différence essentielle entre les deux séries est la flexibilité de leurs points de données.

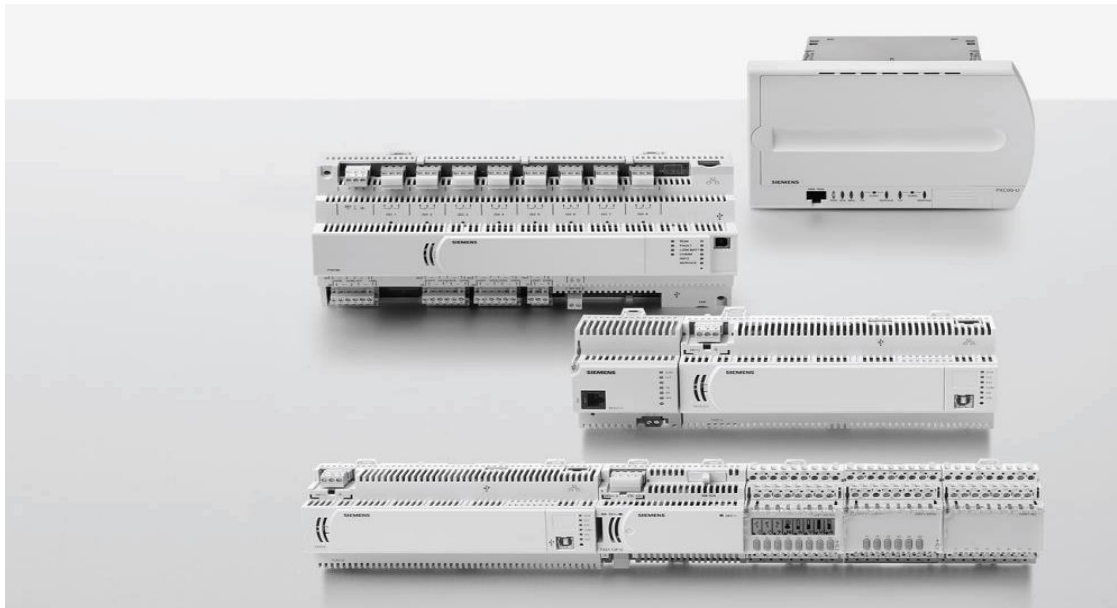


Figure 23: Une famille de contrôleurs 'SIEMENS'.

Reference:

https://www.siemens.be/cmc/upload/cms/docs/sbt/hvac/Brochures_Datasheets_manuals/NL/07_Building_Automation_Design/Brochures/Desigo%20PX%20-%20CM110756en%20-%20Systeem%20overzicht.pdf

On peut nommer de la série des contrôleurs compacts:

'PXC12...D', 'PXC22...D', 'PXC36...D' qui peuvent être connectés à un bus BACnet/IP, un bus BACnet/LonTalk, ou un bus BACnet/PTP (point to point).

| Communications | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| BACnet / LonTalk | PXC12.D | PXC22.D | PXC36.D |
| BACnet / LonTalk and BACnet / PTP (point to point) (from V2.37) | PXC12-T.D | PXC22-T.D | PXC36-T.D |
| BACnet / IP | PXC12-E.D | PXC22-E.D | PXC36-E.D |
| Total number of inputs / outputs | 12 | 22 | 36 |
| Number of universal inputs (UI) | 4 | 12 | 18 |
| Number of digital inputs (DI) | 2 | - | 4 |
| Number of analog outputs (AO) | 4 | 4 | 6 |
| Number of relay outputs (DO) | 2 | 6 | 8 |

Figure 24: Les caractéristiques des contrôleurs compacts.

Reference: <http://docslide.us/documents/ca110396en031.html>

On peut nommer de la série des contrôleurs modulaires:

‘PXC50...D’, ‘PXC100...D’, ‘PXC200...D’ qui peuvent être connectés à un bus de communication BACnet/IP ou un bus de communication BACnet/LonTalk.

| Automation station overview | | | |
|---|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Connection of TX – I/O modules via island bus | | | |
| | up to 52 data points | up to 200 data points | More than 200 data points |
| BACnet/LonTalk | PXC50.D | PXC100.D | PXC200.D |
| BACnet/IP | PXC50-E.D | PXC100-E.D | PXC200-E.D |

Figure 25: Les caractéristiques des contrôleurs modulaires.

Reference:

https://www.siemens.be/cmc/upload/cms/docs/sbt/hvac/Brochures_Datasheets_manuals/NL/07_Building_Automation_Design/Brochures/Desigo%20PXC%20-%20CM110756gen%20-%20Systeem%20overzicht.pdf

Il existe aussi des contrôleurs qui permettent l’intégration d’autres bus de communication au bus de communication principal.

On nomme le contrôleur ‘PXC00-U’ qui permet l’intégration d’un bus de communication KNX au bus de communication BACnet/LonTalk existant.

Dans notre système d’automatisation, on a utilisé trois types de contrôleurs qui sont les suivants: ‘PXC12.D’, ‘PXC100.D’ et ‘PXC00-U’ qui communiquent à travers le bus BACnet/LonTalk.

A- Les contrôleurs ‘PXC12.D’

Ces contrôleurs sont utilisés pour les équipements suivants:

1. Les AHUs.
2. Le déshumidificateur.

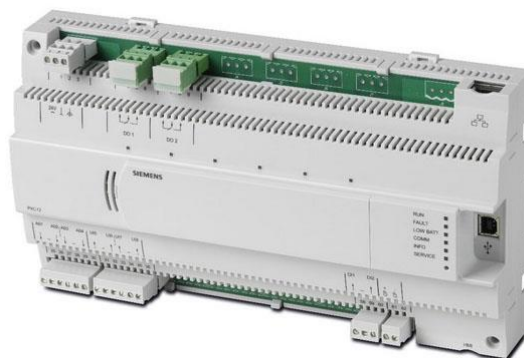


Figure 26: Un contrôleur ‘PXC12.D’.

Reference: HIT

Ce type de contrôleur est choisi pour ces équipements d'après l'étude du nombre de points de données nécessaires pour chacun d'eux. Un nombre de points supplémentaires est pris en compte, comme réserve, pour des additions futures.

Pour chaque AHU on a besoin de:

- Quatre entrées digitales.
- Deux sorties digitales.
- Deux entrées analogiques.
- Deux sorties analogiques.

Or, un contrôleur 'PXC12.D' possède:

- Deux entrées digitales.
- Deux sorties digitales.
- Quatre entrées universelles.
- Quatre sorties analogiques.

Donc, le nombre des entrées et des sorties que possède un contrôleur 'PXC12.D' est suffisant pour contrôler et surveiller un AHU, d'où la justification de ce choix. De même pour le déshumidificateur.

N.B. le nombre total des entrées et des sorties reliées au système BMS n'était pas douze. Mais, après ajout de nouveaux points, on est arrivé à ce nombre. D'où, tous les points pris en compte, comme réserve, dans le contrôleur 'PXC12.D' ont été utilisés.

Le nombre total des contrôleurs 'PXC12.D' utilisés dans 'Arizona Gym' est treize, équivalent au nombre des AHUs installés.

B- Les contrôleurs 'PXC100.D'

Ces contrôleurs sont utilisés dans trois tableaux électriques du système BMS:

1. 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
2. 'Heaters and Chiller'.
3. 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.



Figure 27: Un contrôleur 'PXC100.D'.
Reference: HIT

Dans le cas du contrôleur 'PXC100.D' installé dans le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans', le nombre des entrées et des sorties connectées au système BMS est comme suit:

Tableau 6: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur 'PXC100.D' du tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.

| Nom du tableau électrique | Entrées Digitales | Sorties Digitales | Entrées Analogiques | Sorties Analogiques |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Water Tanks, Submersibles, Fans | 50 | 8 | 2 | 0 |
| Pool | 6 | 3 | 1 | 2 |
| Jacuzzi | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Boilers | 6 | 4 | 4 | 0 |
| Sauna | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Total | 66 | 18 | 8 | 2 |

Le nombre total des entrées et des sorties nécessaires est: $66 + 18 + 8 + 2 = 94 < 200$ (200 est le nombre maximal des points de données que peut supporter un contrôleur 'PXC100.D'). D'où, la vérification du choix du contrôleur 'PXC100.D' pour connecter les points de données de ces cinq tableaux électriques au système BMS.

N.B. les tableaux électriques ‘Pool’, ‘Jacuzzi’, ‘Boilers’, et ‘Sauna’ forment des extensions de bus du tableau ‘Water Tanks, Submersibles, Fans’. En d’autres termes, le nombre total de leurs entrées et leurs sorties doit être additionné à celui du tableau ‘Water Tanks, Submersibles, Fans’. Alors, le contrôleur installé dans ce dernier tableau doit avoir la capacité de supporter tous ces points de données.

Dans le cas du contrôleur ‘PXC100.D’ installé dans le tableau ‘Heaters and Chiller’, le nombre des entrées et des sorties connectées au système BMS est comme suit:

Tableau 7: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur ‘PXC100.D’ du tableau ‘Heaters And Chiller’.

| Nom du tableau électrique | Entrées Digitales | Sorties Digitales | Entrées Analogiques | Sorties Analogiques | Data Points |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Heaters and Chiller | 31 | 15 | 7 | 0 | 66 |
| Total | 119 | | | | |

Le nombre total des entrées et des sorties nécessaires est: $119 < 200$ (200 est le nombre maximal des points de données que peut supporter un contrôleur ‘PXC100.D’). D’où, la vérification du choix du contrôleur ‘PXC100.D’ pour connecter les points de données de ce tableau électrique au système BMS.

Dans le cas du contrôleur ‘PXC100.D’ du tableau ‘Power Monitoring and Electrical Circuits’, le nombre des entrées et des sorties connectées au système BMS est comme suit:

Tableau 8: La distribution des entrées et des sorties connectées au contrôleur 'PXC100.D' du tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.

| Nom du tableau électrique | Entrées Digitales | Sorties Digitales | Entrées Analogiques | Sorties Analogiques |
|--|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Power Monitoring and Electrical Circuits | 60 | 8 | 1 | 0 |
| Total | 69 | | | |

Le nombre total des entrées et des sorties nécessaires est: $69 < 200$.

D'où, la vérification du choix du contrôleur 'PXC100.D' pour connecter les points de données de ce tableau électrique au système BMS.

N.B. les points de données représentés ci-dessus forment la somme des points de données du tableau électrique 'Power Monitoring and Electrical Circuits' et ceux du tableau 'Generators, MDBs, ATS', comme ce dernier tableau forme une extension de bus du tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.

C- Le contrôleur 'PXC00-U'

Ce contrôleur est utilisé pour intégrer le bus de communication KNX au bus de communication BACnet/LonTalk et cela en ajoutant un module d'extension 'PXA30-K11'. [8]



Figure 28: Un contrôleur 'PXC00-U'.
Reference: HIT

| Function | Module | PXA30-K11 | PXA30-RS | PXA30-RS1 | PXA30-RS2 |
|--------------------------------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | Data sheet | N9280 | N9281 | N9281 | N9281 |
| Interfaces | | | | | |
| KNX interface | | X | | | |
| Serial RS232 | | | X | X | X |
| Serial RS485 | | | X | X | X |
| Network functions | | | | | |
| Integration of RXB / RXL | | X | | | |
| Integration of KNX 3rd party devices | | X | | | |
| Integration of M-Bus counters | | | 100 DP | 400 DP | 2000 DP |
| Integration of Modbus | | | 100 DP | 400 DP | 2000 DP |
| Integration of SCL | | | 100 DP | 400 DP | 1000 DP |

Figure 29: Les fonctions des modules d'extensions connectés au contrôleur 'PXC00-U'.

Reference: <http://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=20891>

Ce contrôleur est utilisé dans 'Arizona gym' pour intégrer les unités de contrôle 'RDG100.KN' qui utilisent le protocole de communication KNX, au système BMS ayant le bus de communication principal BACnet/LonTalk.

Le module d'extension 'PXA30-K11' peut supporter l'intégration de 2000 points de données KNX. Or, dans le projet 'Arizona Gym' le nombre total des points de données KNX est: $168 < 2000$. D'où, la vérification du choix d'un seul contrôleur 'PXC00-U' avec un seul module d'extension 'PXA30-K11'.

4.1.2. Les Modules d'Entrées et de Sorties

Les modules d'entrées et de sorties sont utilisés lorsqu'on a un contrôleur modulaire tel que: 'PXC50.D', 'PXC100.D', ... ils sont groupés sous trois familles: entrées digitales, sorties digitales et entrées-sorties universelles. La nomenclature chez Siemens de ces modules commence par: 'TXM...'.

Dans 'Arizona gym', quatre types de modules ont été utilisés:

1. 'TXM1.8D': le module des entrées digitales qui peut supporter huit entrées au maximum.
2. 'TXM1.16D': le module des entrées digitales qui peut supporter seize entrées au maximum.



Figure 30: Un module 'TXM1.16D'.
Reference: HIT

3. 'TXM1.6R': le module des sorties digitales qui peut supporter six points de sorties au maximum.



Figure 31: Un module 'TXM1.6R'.
Reference: HIT

4. 'TXM1.8U': le module des entrées-sorties universelles qui peut être utilisé pour: des entrées digitales, des entrées analogiques, ou des sorties analogiques. Il peut supporter huit points de données au maximum.



Figure 32: Un module 'TXM1.8U'.
Reference: HIT

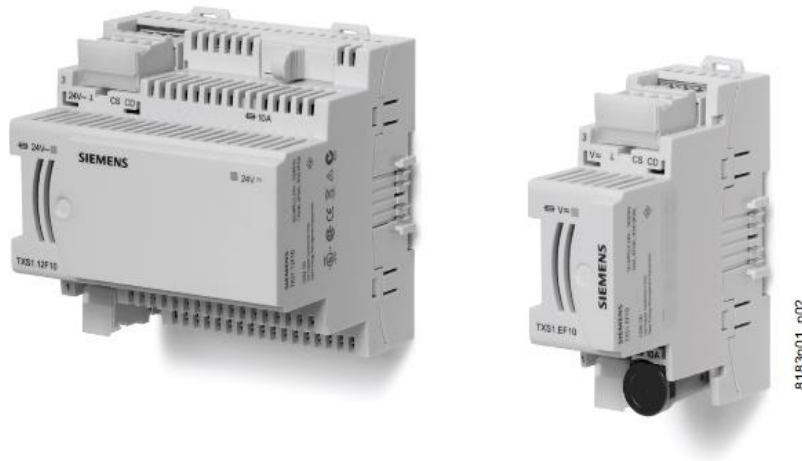
Ces modules sont utilisés dans les tableaux électriques suivants:

1. 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
2. 'Pool'.
3. 'Jacuzzi'.
4. 'Boilers'.
5. 'Sauna'.
6. 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.
7. 'Generators, MDBs, ATS'.
8. 'Heaters And Chiller'.

Chaque module doit avoir une adresse qui l'identifie, afin de pouvoir utiliser ses entrées et ses sorties lors de la programmation sur le logiciel Xworks.

4.1.3. Le Module d’Alimentation et le Module de Connexion de Bus [10]

Chaque rangée de modules d’entrées et de sorties doit commencer par l’un de ces deux modules.



TX-I/O™

**Power supply module,
bus connection module**

**TXS1.12F10
TXS1.EF10**

Figure 33: Le module d’alimentation et le module de connexion de bus.
Reference: Power-supply-module-TXS1-12F10--bus-connection-module-TXS1-EF10_A6V10068547_hq-en

‘TXS1.12F10’: le module d’alimentation en électricité a pour rôle de:

1. Convertir l’alimentation 24 VAC en 24 VDC.
2. Assurer l’alimentation électrique 24 VDC aux modules d’entrées et de sorties.
3. Assurer le transfert du signal du bus.

‘TXS1.EF10’: le module de connexion de bus a pour rôle de:

1. Assurer l’alimentation électrique 24 VDC aux modules d’entrées et de sorties.
2. Assurer le transfert du signal du bus.

Le courant maximal que peut générer un module ‘TXS1.12F10’ est de 1.2 A. Deux modules au maximum peuvent être installés sur la même rangée. Chaque rangée peut avoir une longueur maximale de 1.6m, équivalente à 25 modules d’entrées et de sorties.

[9]

Dans ce qui suit, une figure qui visualise un modèle de connexion du module d'alimentation et du module de connexion de bus.

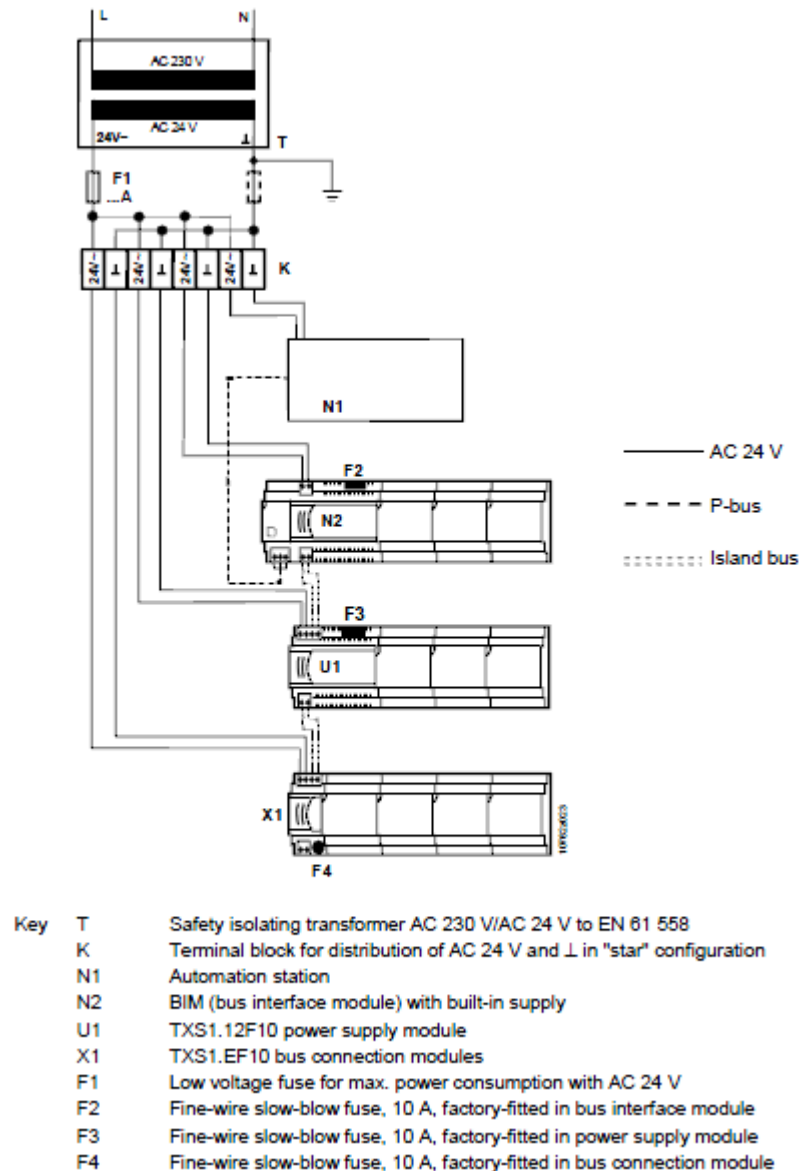


Figure 34: Un modèle de connexion du module d'alimentation et du module de connexion de bus.

Reference: [http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42263_CM110562en\\$01.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42263_CM110562en$01.pdf)

Dans 'Arizona Gym', ces deux modules sont utilisés dans les tableaux électriques opérés par des contrôleurs modulaires, dans le but d'assurer: l'alimentation 24 VDC aux modules d'entrées et de sorties et la transmission du signal du bus.

NB: Il existe aussi le module d'alimentation KNX '5WG1125-1AB22' qui produit la tension 29 VDC du bus KNX pour alimenter les unités de contrôle 'RDG100.KN'.

4.1.4. Les Unités de Contrôle: 'QAX34.1' et 'RDG100.KN'

Ces deux unités de contrôle sont utilisées pour assurer la surveillance et le contrôle de la température dans les salles équipées par les AHUs et les FCUs.

L'unité de contrôle 'QAX34.1' est utilisée dans les salles équipées par des AHUs tandis que, l'unité de contrôle 'RDG100.KN' est utilisée dans les salles équipées par des FCUs.

L'unité de contrôle 'QAX34.1'



Figure 35: L'unité de contrôle 'QAX34.1'.
Reference: www.siemens.com/download

Elle a les caractéristiques suivantes: [8]

1. Mesure de la température de la salle.
2. Interrupteur à bascule pour le réglage de la consigne de la température.
3. Interrupteur à bascule pour la sélection du mode de commande (Off/Auto), et le contrôle manuel du ventilateur (jusqu'à 3 vitesses).
4. Interface PPS2 au contrôleur.
5. LCD pour l'affichage de la température ambiante et du mode de commande.
6. Prise pour la mise en service.

Dans 'Arizona Gym', il existe treize unités de contrôle de ce type, qui surveillent et contrôlent la température des treize salles équipées par les treize AHU.

L'unité de contrôle 'RDG100.KN'



Figure 36: L'unité de contrôle 'RDG100.KN'.
Reference: www.siemens.com/download

Cette unité de contrôle utilise le bus KNX comme protocole de communication, d'où, la nécessité d'utiliser le contrôleur 'PXC00-U', dans le but d'intégrer le bus de communication KNX au bus de communication principal du système BMS.

Elle permet la surveillance et le contrôle de la température, en ajustant le niveau d'ouverture ou de fermeture des vannes installées sur les tuyaux d'eau froide et d'eau chaude.

Dans notre projet, il existe vingt-quatre unités de contrôle de ce type qui contrôlent et surveillent la température des salles équipées par les vingt-quatre FCUs.

4.1.5. Le Module 'TXI1.OPEN'

Le module 'TXI1.OPEN' est une plateforme d'intégration des systèmes externes ayant un bus de communication Modbus, M-bus...au système BMS existant.



Figure 37: Le module 'TXI1.OPEN'.
Reference: www.siemens.com/download

Dans 'Arizona Gym', ce module est utilisé pour intégrer des données provenant de l'ATS et des générateurs au système BMS existant.

Comme ces données ont un bus de communication Modbus, donc, on a besoin d'une plateforme qui permet la communication Modbus-LonTalk. Cette plateforme est le module 'TXI1.OPEN'.

Ce module peut supporter 100 points de données au maximum. Or, dans 'Arizona Gym', le nombre total des points de données intégrés est: $66 < 100$. D'où, la justification de l'utilisation d'un seul module 'TXI1.OPEN' pour les intégrer au système BMS.

Tableau 9: Les points de données ayant un bus de communication Modbus intégrés au système BMS.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------|
| 3 | ATS - Generator Voltage L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 3 | ATS - Generator Current L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 1 | ATS - Generator Frequency | X | ModBus |
| 3 | ATS - Generator P - Q – S | X | ModBus |
| 1 | ATS - Generator CosPhi | X | ModBus |
| 3 | ATS - Main Voltage L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 1 | ATS - Main Frequency | X | ModBus |
| 1 | ATS - Main Kwh | X | ModBus |
| 1 | Battery Voltage | X | ModBus |
| 1 | Green LED MCB | X | ModBus |
| 3 | Generator 1 Voltage L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 3 | Generator 1 Current L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Frequency | X | ModBus |
| 3 | Generator 1 P - Q – S | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 CosPhi | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Engine Water Temp | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Engine Oil Pressure | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Engine Run Hours | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Battery Voltage | X | ModBus |
| 1 | Generator 1 Engine RPM | X | ModBus |
| 3 | Generator 2 Voltage L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 3 | Generator 2 Current L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Frequency | X | ModBus |
| 3 | Generator 2 P - Q – S | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 CosPhi | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Engine Water Temp | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Engine Oil Pressure | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Engine Run Hours | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Battery Voltage | X | ModBus |
| 1 | Generator 2 Engine RPM | X | ModBus |
| 3 | Generator 3 Voltage L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 3 | Generator 3 Current L1 - L2 - L3 | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Frequency | X | ModBus |
| 3 | Generator 3 P - Q – S | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 CosPhi | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Engine Water Temp | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Engine Oil Pressure | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Engine Run Hours | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Battery Voltage | X | ModBus |
| 1 | Generator 3 Engine RPM | X | ModBus |

Le module ‘TXI1.OPEN’ est installé dans le tableau ‘Heaters and Chiller’. Donc, ses points de données forment une partie des points de données opérés par le contrôleur ‘PXC100.D’ installé dans ce même tableau électrique.

4.1.6. Le Module 'TXA1.IBE'

Le module d'extension de bus est utilisé pour décentraliser les modules d'entrées et de sorties. Il permet de les localiser à une distance qui peut arriver jusqu'à 2x200m de l'îlot principal de modules d'entrées et de sorties.



Figure 38: Le module 'TXA1.IBE'.

Reference: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10227710>

Cette option offerte par ce module peut aider à diminuer le coût du 'Hardware' du système BMS installé en:

- Diminuant le nombre des contrôleurs nécessaires au système BMS.
- Diminuant les longueurs des câbles électriques nécessaires pour transmettre les données entre les équipements et les tableaux électriques du système BMS.

Huit sous-ilots au maximum peuvent être étendus d'un îlot principal de modules d'entrées et de sorties, ayant chacun soixante-quatre modules d'entrées et de sorties au maximum.

Dans ce qui suit, un schéma qui montre un exemple des connexions faites pour décentraliser les modules d'entrées et de sorties en utilisant le module 'TXA1.IBE'.

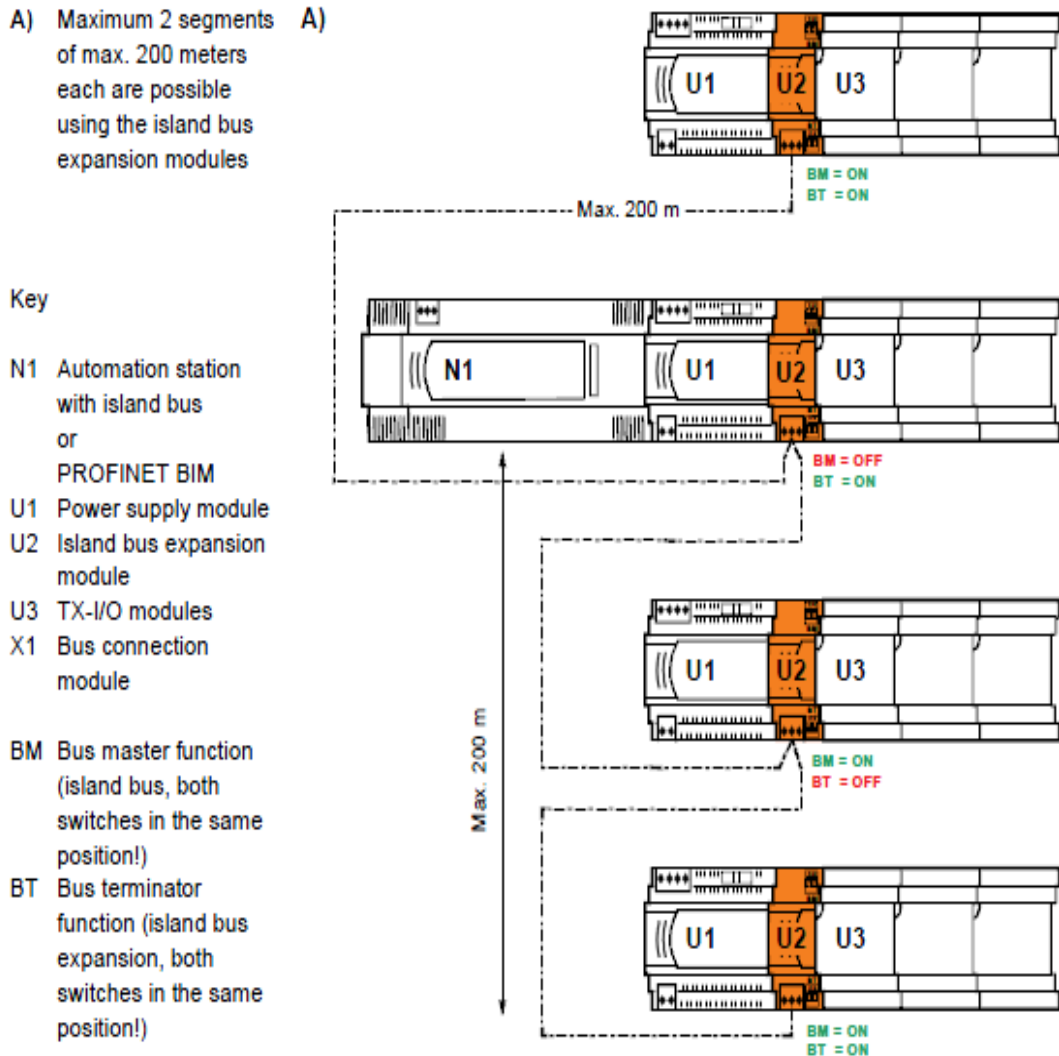


Figure 39: Exemple de connexion du module 'TXA1.IBE'.
 Reference: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10227710>

Dans 'Arizona Gym', le module 'TXA1.IBE' est utilisé dans sept tableaux électriques, dans le but de décentraliser les modules d'entrées et de sorties. Ces tableaux sont les suivants:

1. 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
2. 'Pool'.
3. 'Jacuzzi'.
4. 'Boilers'.
5. 'Sauna'.
6. 'Power Monitoring and Electrical Circuits'.
7. 'Generators, MDBs, ATS'.

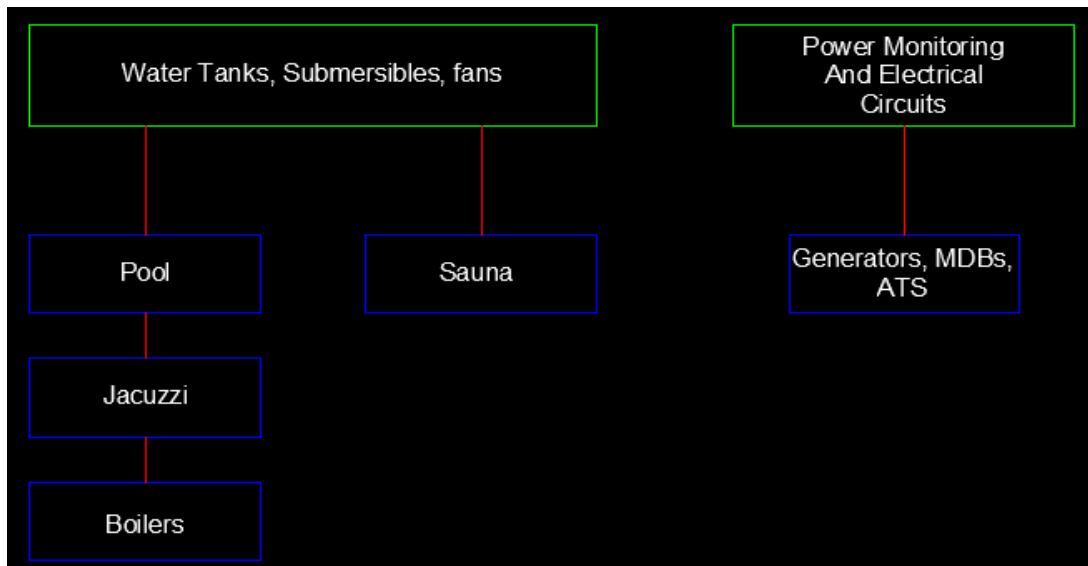


Figure 40: Schéma représentant l'architecture des extensions de bus.

Les tableaux 'Pool', 'Jacuzzi', 'Boilers', et 'Sauna' forment des extensions de bus du tableau électrique 'Water Tanks, Submersibles, Fans'. On a pris ce choix pour les raisons suivantes:

- Les équipements de la piscine, du Jacuzzi et des chaudières se trouvent tous dans l'étage sous-sol 4. Donc, au lieu d'utiliser un contrôleur pour chacun des tableaux électriques de ces équipements, on a utilisé des modules d'extension de bus pour que ces équipements puissent être contrôlés et surveillés par le contrôleur présent dans le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
- Le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' se trouve à une distance plus petite que 2x200m du tableau électrique le plus loin qui est le tableau électrique 'Boilers'.
- Les équipements du 'Sauna' se trouvent dans l'étage sous-sol 3. Donc, au lieu d'utiliser un contrôleur pour le tableau électrique du système BMS de ces équipements, on a utilisé un module d'extension de bus pour que, ce tableau puisse être contrôlé et surveillé par le contrôleur présent dans le tableau électrique 'Water Tanks, Submersibles, Fans'.
- Le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans' se trouve à une distance plus faible que 2x200m du tableau électrique 'Sauna'.

De ce fait, on aura une diminution du coût du 'Hardware' du système BMS, en diminuant le nombre des contrôleurs et les longueurs des câbles électriques nécessaires pour transmettre les données.

Le tableau électrique 'Generators, MDBs, ATS' présent dans l'étage sous-sol 1, près des générateurs, forme une extension de bus du tableau électrique 'Power Monitoring and Electrical Circuits' présent dans le même étage et à une distance qui ne dépasse pas les 2x200m.

De ce fait, on a utilisé un seul contrôleur au lieu de deux, et on a diminué les longueurs des câbles électriques dont on a besoin en décentralisant les modules d'entrées et de sorties.

4.1.7. Le Routeur

Le 'PXG3...' est un routeur BACnet qui connecte un réseau BACnet/IP à un réseau BACnet/LonTalk (PXG3.L) et/ou à un canal BACnet MS/TP.



Figure 41: Le routeur 'PXG3.L'.
Reference: www.siemens.com/download

Dans 'Arizona Gym', le bus de communication utilisé entre les contrôleurs est BACnet/LonTalk. Or, le bus de communication de la salle d'opération (ordinateur, imprimante...) est BACnet/IP. Donc, il faudra un module qui permet la communication BACnet/LonTalk-BACnet/IP, ce module est le routeur 'PXG3.L'.

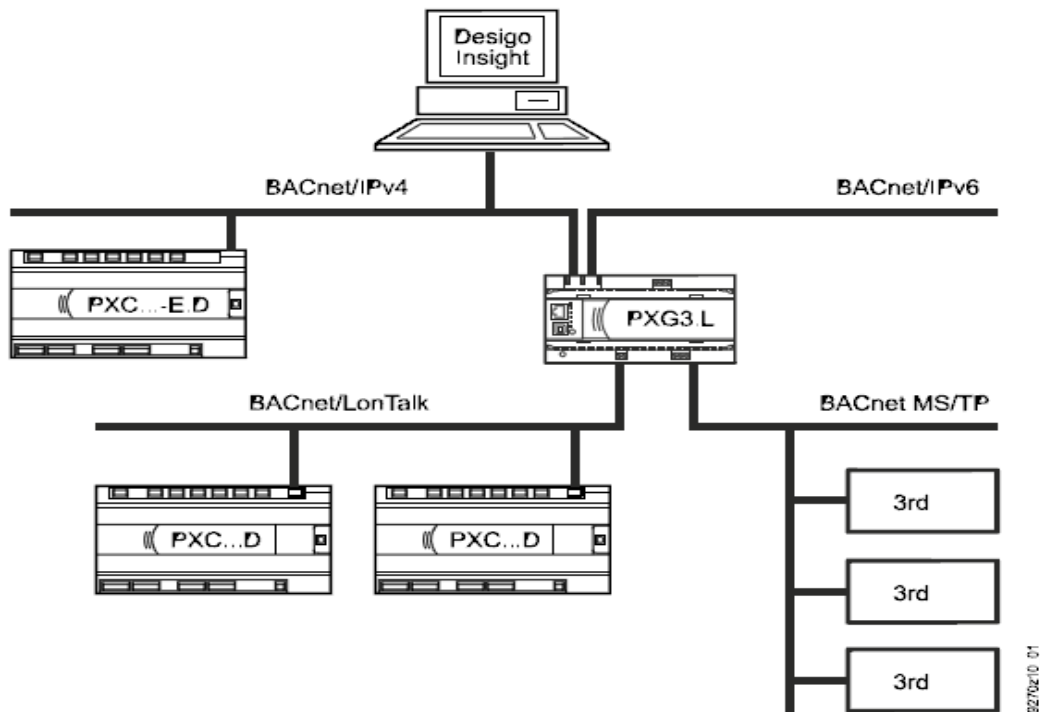


Figure 42: Schéma d'un bus de communication constitué de trois réseaux: BACnet/IP, BACnet/LonTalk, et BACnet MS/TP.

Reference: www.siemens.com/download

Dans ce qui suit, une figure qui représente l'architecture des bus de communication du système BMS du centre:

- Les liaisons en couleur orange représentent un bus de communication BACnet/LonTalk.
- Les liaisons en couleur mauve représentent un bus de communication BACnet/IP.
- Les liaisons en couleur verte représentent un bus de communication KNX.
- Les liaisons en couleur bleu représentent les extensions de bus.

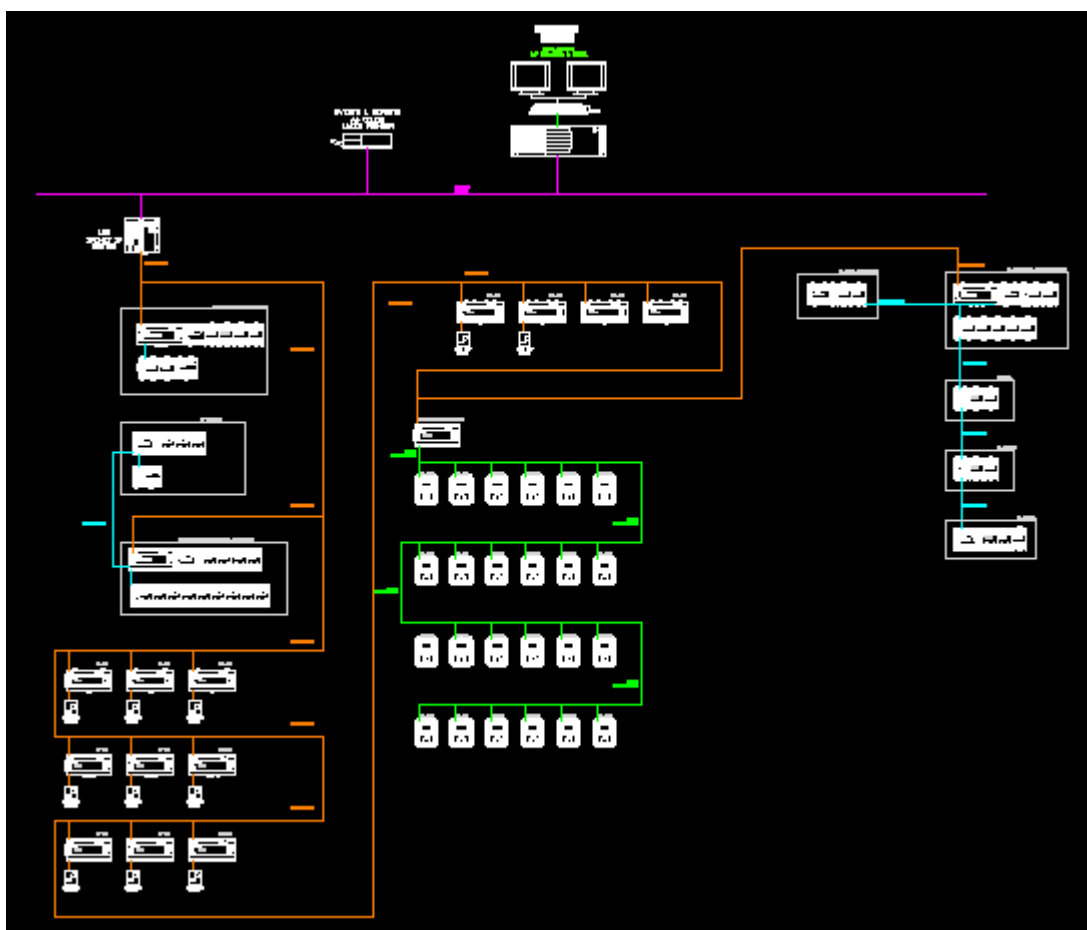


Figure 43: L'architecture des bus de communication du système BMS du centre.

Un routeur 'PXG3.L' peut supporter 32 contrôleurs au maximum. Or, dans 'Arizona Gym' il existe 17 contrôleurs, ce qui vérifie l'utilisation d'un seul routeur 'PXG3.L' dans ce projet.

4.1.8. Les Résistances

Les résistances ‘RXZ01.1’ et ‘RXZ02.1’ sont des terminateurs de bus d’un réseau BACnet/LonTalk.

Ces terminateurs de bus ont différentes caractéristiques: l’un ayant une résistance de 52.3 Ω et l’autre une résistance de 105 Ω . Ils sont choisis selon la topologie du réseau:

1. Topologie libre: un terminateur de bus ‘RXZ01.1’ ayant une résistance 52.3 Ω est placé au point où le trafic de données est le plus haut, le point clé du réseau.
2. Topologie série: deux terminateurs de bus ‘RXZ02.1’ ayant chacun une résistance 105 Ω sont placés aux extrémités du réseau.

Ces terminateurs de bus sont connectés en parallèle avec les câbles du bus de communication, pas de polarité à respecter lors de la connexion. [8]



Figure 44: La résistance ‘RXZ01.1’.
Reference: HIT

Dans ‘Arizona Gym’, et comme il est déjà montré, la topologie du réseau est série. Donc, deux résistances ‘RXZ02.1’ sont utilisées: l’une est placée près du routeur (le point de départ du réseau BACnet/LonTalk), et l’autre est placée près du contrôleur relatif au tableau ‘Water Tanks, Submersibles, Fans’ qui constitue le point final du réseau de communication BACnet/LonTalk.

4.1.9. Les Vannes et les Actionneurs [8]

Cette partie du travail est préparée par les ingénieurs mécaniques. Elle consiste à réaliser la sélection des vannes et des actionneurs convenables, selon les exigences techniques et les dimensions des tuyaux utilisés.

Dans ce qui suit, une liste des vannes utilisées dans le projet avec leurs figures:



Figure 45: Une vanne SIEMENS 'VXF31'.
Reference: HIT

'VXF31' est une vanne à trois ports ayant une pression nominale PN10.



Figure 46: Une vanne SIEMENS 'VXG41'.
Reference: HIT

'VXG41' est une vanne à trois ports ayant une pression nominale PN16.



3-port valves
VXP45.10-0.25 to VXP45.25-6.3



3-port valves
VXP45.25-10 to VXP45.40-25

Figure 47: Une famille de vannes SIEMENS 'VXP45...'.
Reference: HIT

'VXP45.10-0.25' est une vanne à trois ports ayant une pression nominale PN16.

Toutes ces vannes sont motorisées. Donc, elles sont contrôlées par des actionneurs, contrôlés à leur tour par la commande provenant du programme déjà réalisé sur le logiciel Xworks.

Dans ce qui suit, une liste des actionneurs utilisés dans 'Arizona Gym' avec leurs figures:



Figure 48: Un actionneur SIEMENS 'SAX61'.
Reference: HIT



Figure 49: Un actionneur SIEMENS 'SSB61'.
Reference: HIT



Figure 50: Un actionneur SIEMENS 'STP21'.
Reference: HIT

Ces actionneurs sont de deux types:

1. Les actionneurs qui permettent l'ouverture totale ou la fermeture totale des vannes, comme l'actionneur 'STP21'.
2. Les actionneurs qui permettent l'ouverture ou la fermeture des vannes suivant différentes positions, comme l'actionneur 'SSB61'.

Pour les actionneurs qui permettent l'ouverture ou la fermeture des vannes suivant différentes positions, il existe deux types de commande:

1. La commande 0-10 VDC: l'actionneur fait ouvrir ou fermer la vanne selon le voltage qu'il reçoit à son entrée. Par exemple, pour une tension de commande de 4 VDC l'actionneur fait ouvrir la vanne de 40% et pour une tension de commande de 9 VDC il fait l'ouvrir de 90%...
2. La commande à trois positions: l'actionneur fait ouvrir ou fermer la vanne selon la durée d'alimentation de son entrée par une tension de 220 VAC. Si, la

tension 220 VAC est appliquée à la première et à la seconde jonction d'entrée de l'actionneur la vanne s'ouvre, et si cette tension est appliquée à la deuxième et à la troisième jonction d'entrée de l'actionneur la vanne se ferme. Le niveau d'ouverture ou de fermeture dépend de la durée de la tension appliquée.

4.1.10. Les Capteurs

Les capteurs sont utilisés pour donner des informations à propos de la température, de l'humidité, du niveau du liquide dans les citernes...Ils peuvent fournir des données analogiques ou des données digitales.

Dans le projet 'Arizona Gym', la sélection des capteurs est réalisée par mon collègue. il a fait son choix selon les besoins techniques et les exigences du système BMS installé.

Dans ce qui suit, une liste des capteurs utilisés dans le projet avec leurs caractéristiques:

Le capteur de température 'QAE2120.010'



Figure 51: Le capteur de température SIEMENS 'QAE2120.010'.
Reference: HIT

Ce capteur est utilisé pour mesurer la température d'un liquide dans les tuyaux ou dans les citernes. En voici ses caractéristiques:

| Attribute | Value |
|------------------------------|------------------------------|
| Imm. length | up to 100 mm |
| Immersion Type | Prot. pocket included |
| Output signal | LG-Ni1000 |
| Sensing element, temperature | LG-Ni1000 |
| Measuring range, temperature | -30...130 °C |
| Measurement accuracy | At -30...130 °C: ±1.3 K |
| Time constant | With protection pocket: 30 s |
| Immersion length | 100 mm |
| Material, immersion pocket | Stainless steel |
| Connection, electrical | Screw terminals |
| Type of fixing | Protection pocket G½ " |
| PN class | PN 10 |
| Degree of protection | IP42 |
| Dimensions (W x H x D) | 80 x 60 x 31 mm |

Figure 52: Les caractéristiques du capteur 'QAE2120.010'.
Reference: HIT

Dans ‘Arizona Gym’, ce capteur est utilisé pour mesurer la température de: l’eau présente dans les quatre réservoirs d’eau chaude, l’eau revenante des AHUs et des FCUs, l’eau sortante du refroidisseur, l’eau contenue dans les chaudières, l’eau contenue dans la piscine et l’eau contenue dans le jacuzzi.

Le capteur de pression ‘QBE2002-P1’



Figure 53: Le capteur de pression SIEMENS ‘QBE2002-P1’.
Reference: HIT

En voici ses caractéristiques:

| Attribute | Value |
|---------------------------|--------------------------|
| Measured Value | Absolute pressure |
| Operating voltage | AC 24 V, DC 18...33 V |
| Analog output, signal | DC 0...10 V |
| Time constant | <5 ms |
| Pressure connection | External thread G½" |
| Connection cable | 3-wire |
| Cable length | 1.50 m |
| Connection, electrical | Cable |
| Medium temperature | -40...80 °C |
| Max. permissible pressure | 2 x scale end value (FS) |
| Mounting position | Any |
| Measuring range, pressure | 0...100 kPa, 0...1 bar |
| Degree of protection | IP65 |
| Dimension (Ø x L) | 35 x 107 mm |

Figure 54: Les caractéristiques du capteur ‘QBE2002-P1’.
Reference: HIT

Dans ‘Arizona gym’, ce capteur est utilisé pour détecter le niveau du diesel et de l’eau présents dans les réservoirs et dans les bassins. Cela, en appliquant la formule suivante:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \text{ avec } P \text{ la pression en Pascals (Pa), } g=9.8\text{m/s}^2, h \text{ en mètres (m), } \rho \text{ en kg/m}^3$$

Dans le cas des réservoirs de diesel:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad \text{la masse volumique du diesel est: } \rho = 840 \text{ kg/m}^3$$

Ainsi, en mesurant la pression du diesel présent dans le réservoir à travers le capteur de pression, et en appliquant la formule précédente, on peut calculer le niveau du diesel présent.

Dans le cas des bassins d'eau:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad \text{la masse volumique de l'eau est: } \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Ainsi, en mesurant la pression de l'eau présente dans le bassin à travers le capteur de pression, et en appliquant la formule précédente, on peut calculer le niveau de l'eau présente.

Le capteur 'QBM81-3'



Figure 55: Le capteur d'une différence de pression SIEMENS 'QBM81-3'.
Reference: HIT

Ce capteur est utilisé pour détecter une différence de pression entre deux régions. En voici ses caractéristiques:

| Attribute | Value |
|-----------------------------------|---|
| Dimensions (W x H x D) | 88 x 110 x 90 mm |
| Connection, electrical | Screw terminals |
| Digital outputs | EPU , Potential-free , Switchover contact |
| Permissible operating pressure | 7500 Pa |
| Ambient temperature, operation | -20...85 °C |
| Mounting position | Diaphragm vertical, pressure connection pointing downward |
| Dimension (Ø x L) | 81 x 90 mm |
| Degree of protection | IP54 |
| Measuring range, pressure | 20...300 Pa |
| Digital output, switching voltage | DC 24 V / AC 24...250 V |
| Digital output, switching current | 0.01...5 (3) A |
| Pressure connection | Connection branch, 6.2 mm dia. |

Figure 56: Les caractéristiques du capteur 'QBM81-3'.
Reference: HIT

Dans ‘Arizona gym’ ce capteur est utilisé pour deux raisons:

1. Détecter le bon fonctionnement des ventilateurs des AHUs, en mesurant une différence de pression entre les régions en amont et en aval des ventilateurs.
2. Détecter le blocage des filtres d’air des AHUs, en détectant une différence de pression entre les régions avant et celles après les filtres.

Donc, chaque AHU est équipé par deux capteurs ‘QBM81-3’. L’un indique un problème de fonctionnement du ventilateur du AHU, et l’autre indique le blocage du filtre par la poussière.

Le capteur de température et d’humidité ‘QFM2120’



Figure 57: Le capteur de température et d’humidité SIEMENS ‘QFM2120’.
Reference: HIT

Ce capteur est utilisé dans les conduits dans le but de détecter la température et l’humidité de l’air circulant à l’intérieur. Et voici ses caractéristiques:

| Attribute | Value |
|------------------------------|---|
| Operating voltage | AC 24 V, DC 13.5...35 V |
| Sensing element, temperature | LG-Ni1000 |
| Measuring range, temperature | 0...50 °C, -35...35 °C, -40...70 °C |
| Measurement range humidity | 0...95 % r.h. |
| Measurement accuracy | Humidity at 30...70 % r.h. and 23 °C: ±3 % r.h., Temperature, at 15...35 °C: ±0.8 K, Temperature, at 35...50 °C: ±1.0 K |
| Time constant | Humidity: <20 s, Temperature in with 2 m/s moved air: <3.5 min |
| Immersion length | 90...154 mm |
| Connection, electrical | Screw terminals |
| Type of fixing | Flange |
| Analog output, signal | DC 0...10 V, DC 4...20 mA |
| Signal output temperature | LG-Ni1000 |
| Signal output humidity | DC 0...10 V |
| Degree of protection | IP54 |
| Dimensions (W x H x D) | 80 x 88 x 39 mm |

Figure 58: Les caractéristiques du capteur ‘QFM2120’.
Reference: HIT

Dans 'Arizona Gym', ce capteur est utilisé pour mesurer la température et l'humidité des salles équipées par les AHUs.

Le capteur 'QVE1901'



Figure 59: Le capteur SIEMENS 'QVE1901'.
Reference: HIT

Ce capteur est utilisé pour détecter la présence d'un flux de liquide dans les tuyaux. En voici ses caractéristiques:

| Attribute | Value |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| PN class | PN 25 |
| Medium temperature | -20...110 °C |
| Nominal size, piping | DN20 - DN200 |
| Connecting thread | G ½ " thread |
| Material, valve body | Brass |
| Ambient temperature, operation | -20...80 °C |
| Digital output, switching voltage | 230 VAC, 48 VDC |
| Digital output, switching current | 1 A |
| Connection, electrical | Screw terminals |
| Type of fixing | Thread G ½ " |
| Digital outputs | 1-pin , Potential-free , On / Off |
| Degree of protection | IP65 |
| Dimensions (W x H x D) | 120 x 38 x 92 mm |

Figure 60: Les caractéristiques du capteur 'QVE1901'.
Reference: HIT

Dans 'Arizona Gym', ce capteur est utilisé pour détecter la circulation de l'eau dans les tuyaux alimentant les réservoirs d'eau chaude et les chaudières.

4.1.11. Les Transformateurs

Pour alimenter le ‘Hardware’ du système BMS par l’électricité, on a besoin d’une tension alternative 24 VAC. Cette tension est obtenue à l’aide d’un transformateur 220 VAC-24 VAC.

La tension 24 VAC alimente: les contrôleurs, les modules d’alimentation, les modules de connexion de bus et, certains capteurs et actionneurs. Les modules d’alimentation convertissent à leur tour la tension 24 VAC à une tension continue 24 VDC nécessaire pour alimenter les modules d’entrées et de sorties, le module ‘TXA1.IBE’...

Dans ‘Arizona Gym’, les transformateurs utilisés ont une puissance de 100 VA chacun. Cette puissance est suffisante pour alimenter: les contrôleurs, les modules d’alimentation, les modules de connexions de bus et, certains capteurs et actionneurs, par une tension 24 VAC.

La puissance de certains équipements du système BMS est comme suit:

Tableau 10: La puissance du ‘Hardware’ du système BMS.

| HARDWARE | PUISSANCE CONSOMMÉE |
|--------------|---------------------|
| ‘PXC12.D’ | 24 VA |
| ‘PXC100.D’ | 24 VA |
| ‘TXS1.12F10’ | 4 VA -57 VA |
| ‘TXS1.EF10’ | 4 VA – 57 VA |
| ‘STP21’ | 3 VA |
| ‘QFM2120’ | 1 VA |

Un simple calcul de la consommation en VA du ‘Hardware’ du système BMS d’un tableau électrique contrôlant un AHU est comme suit:

‘PXC12.D’ : $S = 24 \text{ VA}$.

‘STP21’ : $S = 3 \text{ VA}$

‘QFM2120’ : $S = 1 \text{ VA}$

Donc, la consommation totale est : $S_{\text{Totale}} = 24 + (3 \times 2) + 1 = 31 \text{ VA} < 100 \text{ VA}$.

Ainsi, le choix du transformateur de puissance 100 VA est vérifié.

4.1.12. Les Disjoncteurs et les Fusibles

Les transformateurs utilisés dans les tableaux électriques du système BMS doivent être protégés envers les surintensités. De ce fait, chaque tableau électrique contient deux dispositifs de protection:

1. Un disjoncteur de protection.
2. Des fusibles.

Le disjoncteur de protection est placé avant l'alimentation du transformateur ; son rôle est de limiter le courant consommé par celui-ci et le protéger contre les courts-circuits. Les fusibles sont placés à la sortie du transformateur ; leur rôle est de limiter le courant de sortie des transformateurs.

Dans 'Arizona Gym', les transformateurs choisis ont une puissance de 100 VA chacun.

Le disjoncteur choisi possède les caractéristiques suivantes:

- Marque: SIEMENS.
- Nombre de pôles: Deux pôles.
- Courant nominale: 2A.
- Pouvoir de coupure: 6000 A.
- Numéro de référence: 5SL6202-7



Figure 61: Un disjoncteur SIEMENS '5SL6202-7'.
Reference: www.siemens.com/download

Deux fusibles sont installés à la sortie du transformateur, l'un pour protéger la phase et l'autre pour protéger le neutre du circuit électrique. Le courant nominale de ces fusibles est 6 A choisi d'après le calcul suivant:

$S = V.I \Rightarrow I = \frac{S}{V} = \frac{100}{24} = 4.2 \text{ A}$ donc les fusibles doivent avoir un courant nominale 6 A.

Les portes fusibles sont manufacturées par 'Phoenix Contact'. Leur numéro de référence est: 'UK 5 - HESI'

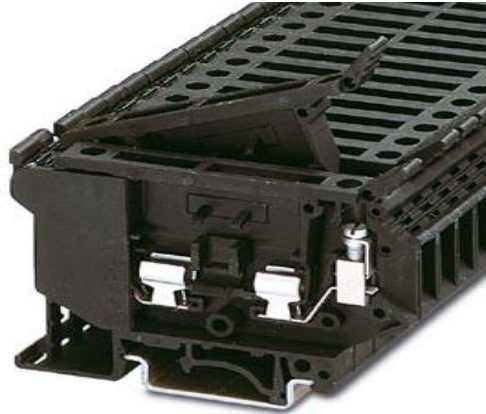


Figure 62: Des portes fusibles 'UK 5 - HESI'.

Reference: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?urlile=pxc-oc-itemdetail:pid=3004100>

Dans ce qui suit, le schéma de câblage de ces dispositifs de protection.

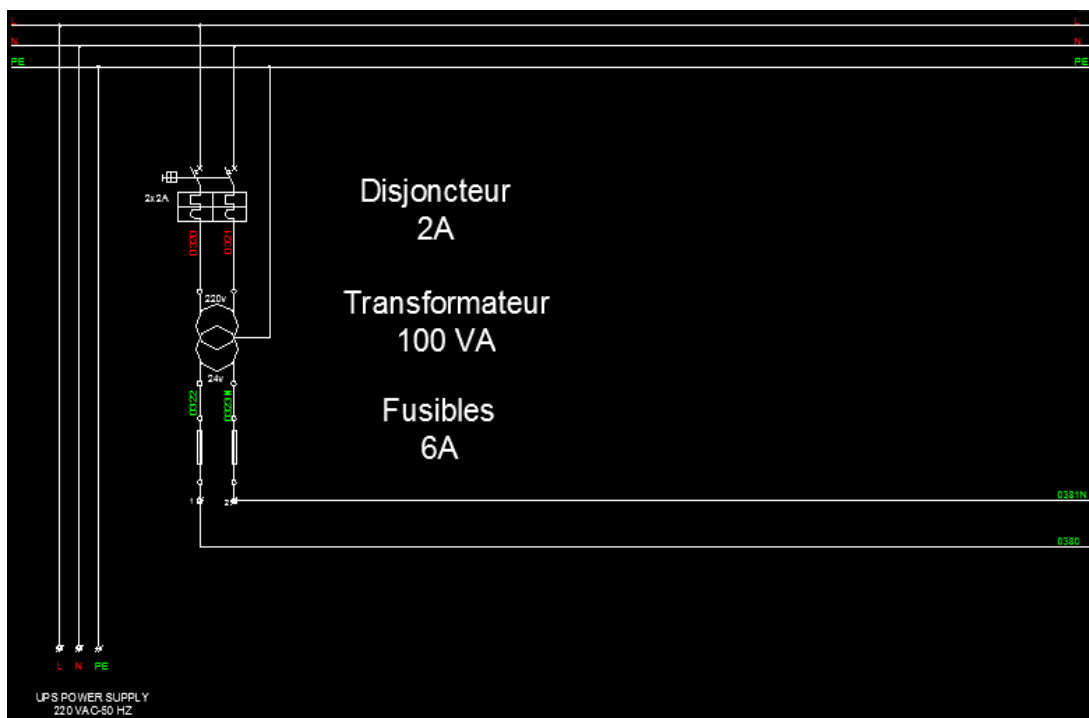


Figure 63: Schéma de câblage des dispositifs de protection.

4.1.13. Les Câbles Électriques

Les câbles électriques sont utilisés pour assurer:

- Les connexions entre les modules situés à l'intérieur et à l'extérieur des tableaux électriques.
- La constitution des bus de communication du système BMS.
- L'alimentation électrique des modules.

Dans 'Arizona Gym', les câbles électriques utilisés sont de plusieurs types, choisis selon le type de l'information, ou du voltage et du courant qu'ils transportent. La sélection des câbles est réalisée par mon collègue.

1. Les câbles utilisés à l'intérieur des tableaux électriques sont comme suit:

Tableau 11: Les différents câbles électriques utilisés à l'intérieur des tableaux électriques.

| Circuit | Section | Couleur | Type | Nombre de Pôles | Fabricant |
|-------------------------|---------------------|------------------|------|-----------------|--------------|
| Alimentation 220 VAC | 1.5 mm ² | Rouge | NYAF | 1 | Liban Câbles |
| 0 VAC | 1.5 mm ² | Gris | NYAF | 1 | Liban Câbles |
| Alimentation 24 VDC | 1.5 mm ² | Bleu | NYAF | 1 | Liban Câbles |
| 0 VDC | 1.5 mm ² | Blanc | NYAF | 1 | Liban Câbles |
| Contrôle | 1 mm ² | Blanc | NYAF | 1 | Liban Câbles |
| Mise à la Terre | 1.5 mm ² | Jaune et Vert | NYAF | 1 | Liban Câbles |

2. Les câbles formant le bus BACnet/LonTalk du système BMS ont les caractéristiques suivantes: 18 AWG, 2 pôles, couleurs: noir et blanc.
3. Les câbles formant le bus BACnet/IP du système BMS ont les caractéristiques suivantes: CAT5, 4 paires, 24 AWG.
4. Les câbles formant le bus KNX du système BMS sont du type suivant: câbles KNX, 2 pôles, 0.8 mm, couleurs: noir et rouge.

5. Les câbles formant le bus Modbus du système sont du type suivant: 18 AWG, 2 pôles, couleurs: noir et blanc.

Les câbles assurant l'alimentation 220 VAC ont une section de 1.5 mm^2 , choisie après calcul du courant maximal qu'ils transportent, en ajoutant une marge de sécurité pour les contraintes thermiques.

Les transformateurs sont de 100 VA, le courant à leurs entrées est de 0.45 A, les disjoncteurs choisis sont de 2 A. En considérant que chaque 1 mm^2 peut supporter jusqu'à 5 A, et en ajoutant une marge de sécurité, on arrive à choisir une section de 1.5 mm^2 .

Les câbles assurant l'alimentation 24 VDC ont une section de 1.5 mm^2 , choisie après calcul du courant maximal qu'ils transportent, en ajoutant une marge de sécurité.

Les transformateurs sont de 100 VA, le courant à leur sorties est de 4.2 A, les fusibles choisis sont de 6 A. En considérant que chaque 1 mm^2 peut supporter jusqu'à 5 A, et en ajoutant une marge de sécurité, on arrive à choisir une section de 1.5 mm^2 .

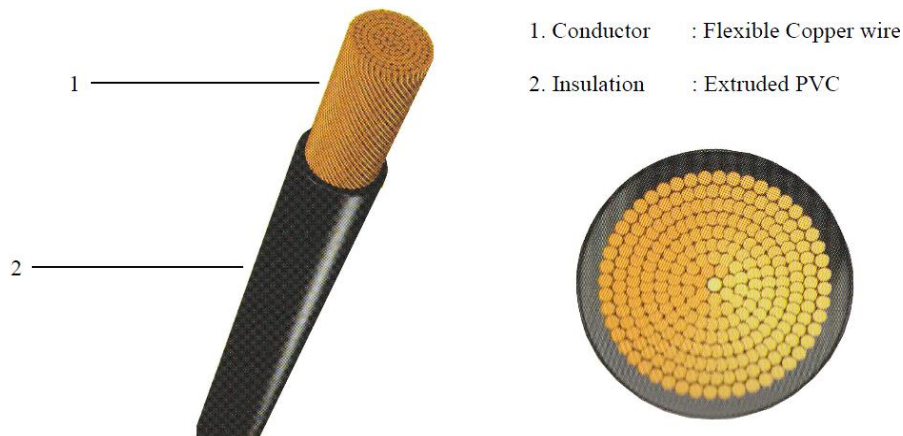


Figure 64: Les composants d'un câble du type NYAF.
Reference: www.kahael.com/download2.php?f=MAKITA%20NYAF%20Cable.pdf

4.1.14. Les Cabines

Les cabines sont utilisées pour protéger les modules et les composants électriques de: la poussière, les chocs mécaniques, l'humidité, l'eau...ces cabines sont choisies suivants plusieurs considérations qui diffèrent d'un projet à l'autre.

Dans 'Arizona Gym', les cabines utilisées sont manufacturées par 'RITTAL'. Ils ont les caractéristiques suivantes:

1. IP 66.
2. Couleur RAL7035 (blanc).
3. Plaque de montage zingué.
4. Cabine fabriquée en acier.
5. Une seule porte.



Figure 65: Une cabine manufacturée par 'Rittal'.

Reference: <http://www.rittal.com/com-en/product/show/variantdetail.action?productID=1045500>

Une fois la sélection des composants électriques est faite, le choix des dimensions de la cabine peut être réalisé, en tenant en compte d'un ajout d'une espace de réserve pour des additions futures de modules. Dans ce projet, l'espace de réserve est à peu près 10% de l'espace totale nécessaire.

Différentes dimensions de cabines ont été sélectionnées pour ce projet ayant toutes les mêmes caractéristiques mentionnées ci-dessus.

1. Les AHUs: treize cabines de dimensions 500mm x 400mm x 210mm (HxLxP).
2. Le tableau 'Heaters and Chiller': une cabine de dimensions 760mm x 760mm x 210mm

3. Le tableau 'Power Monitoring and Electrical Circuits': une cabine de dimensions 760mm x 760mm x 210mm
4. Le tableau 'Generators, MDBs, ATS': une cabine de dimensions 600mm x 380mm x 210mm
5. Le tableau 'Water Tanks, Submersibles, Fans': une cabine de dimensions 760mm x 600mm x 210mm
6. Les tableaux électriques 'Sauna' et 'Boilers': deux cabines de dimensions 500mm x 400mm x 210mm chacune.
7. Les tableaux électriques 'Jacuzzi' et 'Pool': deux cabines de dimensions 400mm x 300mm x 210mm chacune.
8. Le tableau FCU: une cabine de dimensions 500mm x 400mm x 210mm

4.2.L'identification des Logiciels

4.2.1. Le Logiciel Xworks

Xworks est un logiciel de Siemens, utilisé dans le but de réaliser les programmes qui contrôlent le fonctionnement des contrôleurs d'un système BMS.

La programmation se réalise en utilisant des blocs présents dans la librairie du logiciel, et en connectant ces blocs entre eux suivant des conditions déterminées.

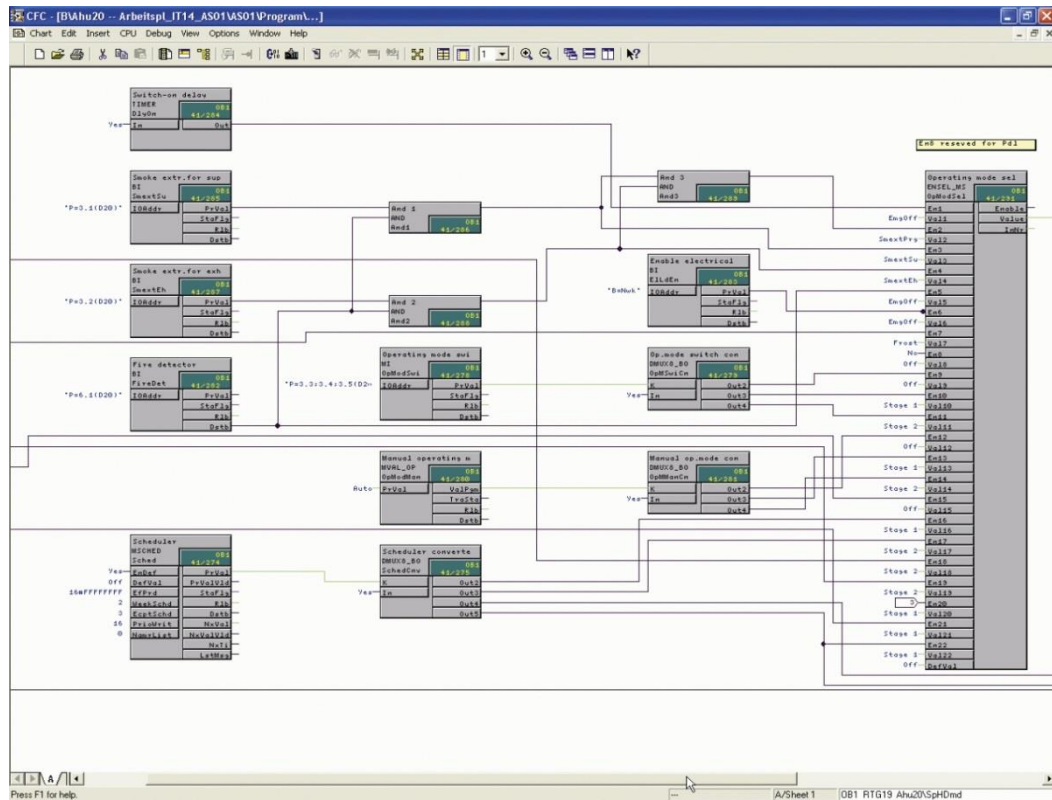


Figure 66: Partie d'un programme réalisé sur Xworks.

Une fois le programme est réalisé, il est téléchargé au contrôleur. Ensuite, une simulation et un test peuvent être réalisés permettant l'évaluation du bon fonctionnement du programme.

Donc, Xworks est le logiciel où l'identification, la programmation, et le test des contrôleurs sont réalisés, permettant ainsi le contrôle et la surveillance des points de données à travers l'écran de l'ordinateur.

4.2.2. Le Logiciel Desigo Insight [11]

Le système Desigo peut être divisé en deux niveaux:

- Niveau de gestion.
- Niveau d'automatisation.

Ces deux niveaux peuvent fonctionner à la fois d'une façon autonome ou dans un réseau de communication.

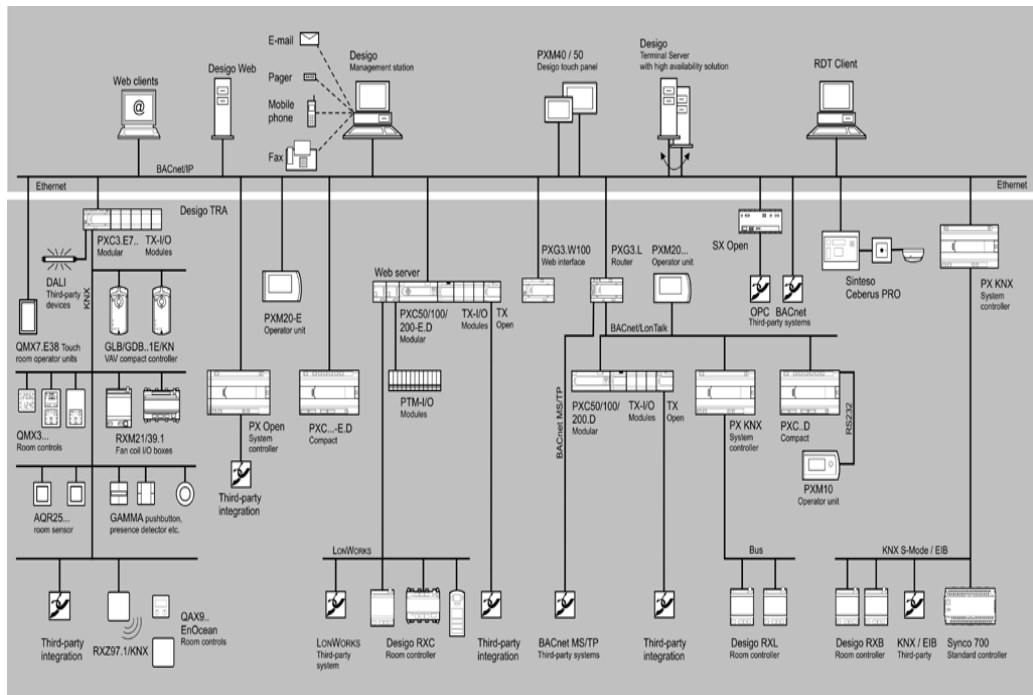


Figure 67: La topologie du système Desigo.
Reference: www.siemens.com/bt/file?soi=A6V10407582

Les fonctions du système:

Les responsables d'établissement et les utilisateurs du système Desigo ont une gamme d'outils polyvalents à leur disposition, offrant un accès pratique au système et à l'installation. D'où, le logiciel Desigo présent sur l'ordinateur de la salle d'opération permet de réaliser les principales fonctions suivantes:

1) L'opération et la surveillance

Desigo est un système puissant et convivial pour la surveillance et l'opération de l'ensemble de l'installation. Il permet le contrôle et la supervision par quatre moyens différents:

1. A travers la station d'opération.
2. A travers les unités de contrôle présentes dans les salles.
3. A travers les tableaux de contrôle.
4. L'opération manuelle.

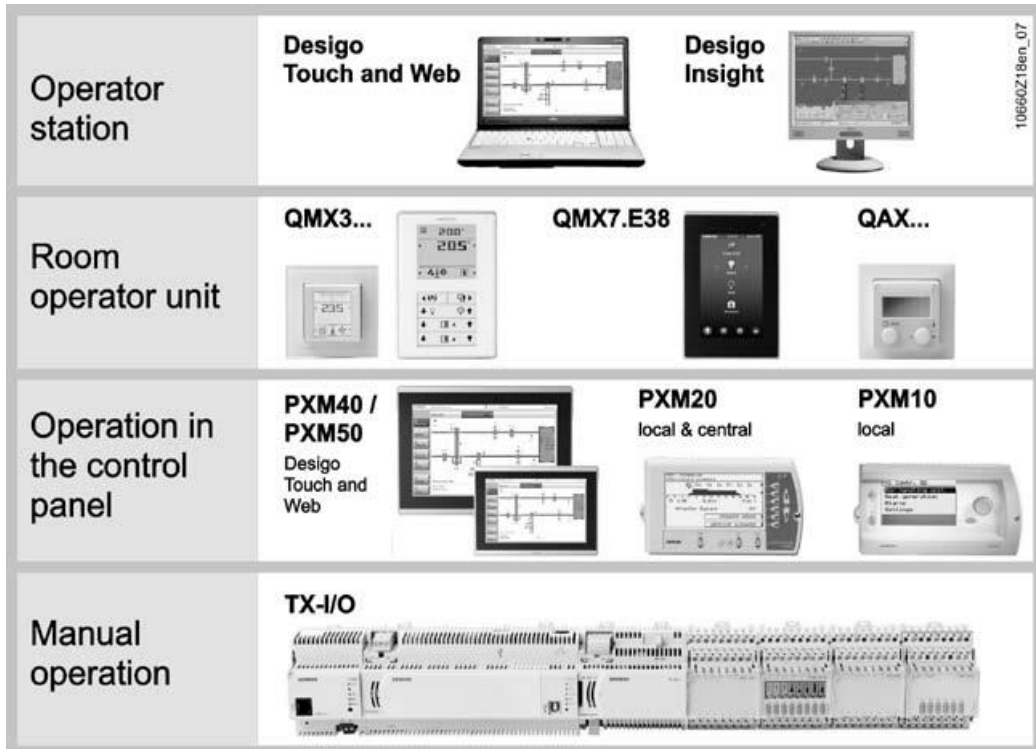


Figure 68: Les niveaux d'opération du système Desigo.
 Reference: www.siemens.com/bt/file?soi=A6V10407582

2) La construction des graphiques et la comparaison de leurs données avec celles archivées

Desigo permet la construction des graphiques et le traitement de leurs données. En plus, il permet d'évaluer et d'analyser les valeurs actuelles obtenues avec celles archivées, facilitant ainsi la surveillance et l'ajustement de l'installation.

Dans 'Arizona Gym', des graphiques schématisant la variation de la température et de l'humidité de certaines salles sont réalisées, afin d'analyser leurs valeurs sur une longue durée.

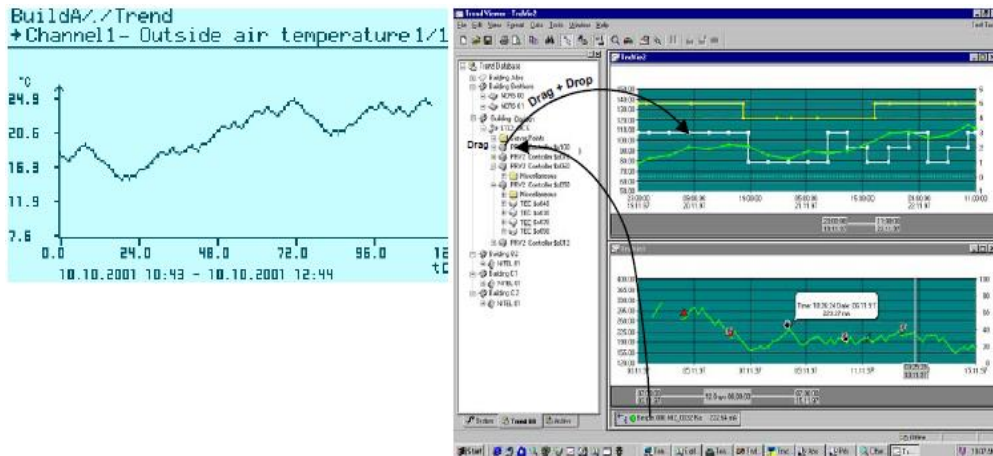


Figure 69: Visualisation d'un graphique de la température sur le logiciel Desigo.
Reference: www.siemens.com/download?17285

3) La gestion des alarmes

Une des fonctions les plus importantes du logiciel est la génération automatique d'une alarme en cas des défauts dans les services de la résidence. Desigo utilise les fonctions d'alarme BACnet, et il soutient les trois types d'alarmes suivantes avec des niveaux de priorités jusqu'à 256 niveaux.

- Les alarmes de base: pour les alarmes qui ne nécessitent pas l'intervention de l'utilisateur.
- Les alarmes simples: pour les alarmes qui nécessitent un acquittement.
- Les alarmes étendues: pour les alarmes qui nécessitent un acquittement et une réinitialisation.

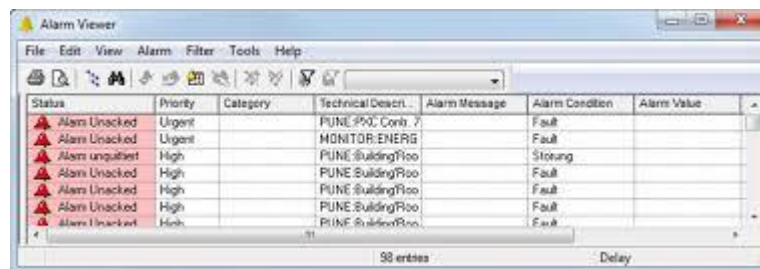


Figure 70: Visualisation des alarmes sur le logiciel Desigo.
Reference: www.siemens.com/download?17285

Lorsqu'une alarme se déclenche, elle est automatiquement détectée, enregistrée et transférée à Desigo. Des messages informatifs d'alarmes sont également transmis à des dispositifs à distances telles que les téléphones mobiles, les télécopieurs, les imprimantes, les ordinateurs et les navigateurs par SMS et par e-mail. Desigo sépare encore les alarmes d'une manière personnalisée, afin que chaque utilisateur ne reçoit que les alarmes qui correspondent à sa/son niveau de responsabilité. Les opérateurs sont

alertés des alarmes entrantes et des alarmes en attente avec des fenêtres pop-up et des signaux sonores et visuels.

4) Le contrôle des processus à travers des calendriers

L'une des fonctions de base du logiciel Desigo est le contrôle du temps des procédures et des processus, et l'assurance d'une utilisation efficace de l'énergie.

Les programmes du calendrier assurent que le chauffage et l'éclairage sont éteints automatiquement à la fin de la journée de travail, que la température dans le bâtiment est réduite dans la nuit, et que les équipements ne continuent pas à fonctionner plus longtemps que nécessaire. Ils peuvent également être utilisés pour éteindre la climatisation dans certaines chambres pendant les vacances...

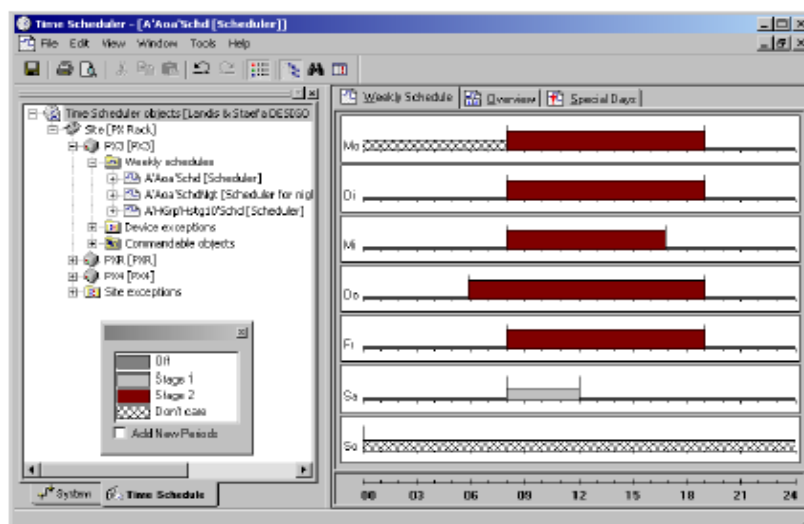


Figure 71: Visualisation des calendriers sur le logiciel Desigo.
Reference: www.siemens.com/download?17285

Dans 'Arizona Gym', des programmes de calendrier sont réalisés pour contrôler les durées de fonctionnement des AHUs, des FCUs, de certaines pompes, et des ventilateurs d'extraction présentes dans l'étage sous-sol 4.

4.3. L'identification des Bus de Communication

Dans cette partie du mémoire, on va parler des différents bus de communication utilisés dans le système d'automatisation du complexe sportif.

En fait, quatre types de bus de communication sont utilisés:

- 1) Le bus LonTalk.
- 2) Le bus Modbus.
- 3) Le bus KNX.
- 4) Le bus Ethernet.

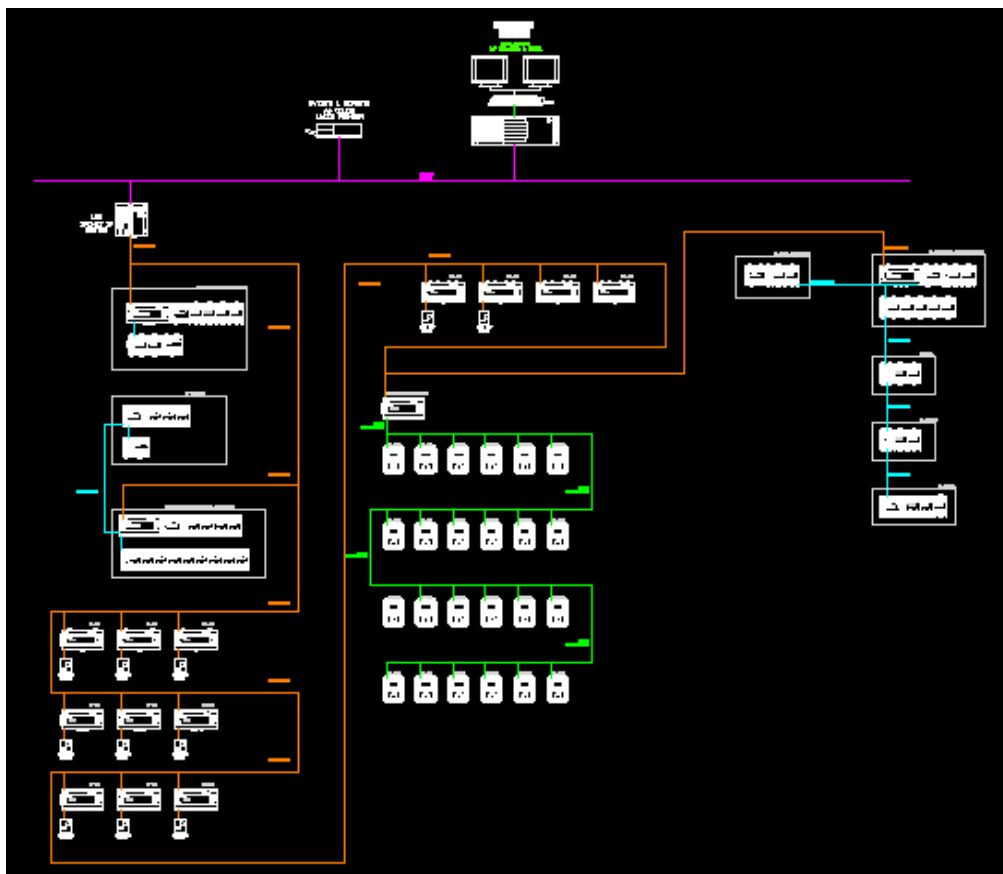


Figure 72: L'architecture des bus de communication du système BMS de la gym.

Dans ce qui suit, une description de chacun d'eux, qui inclut la cause et le lieu de son utilisation.

4.3.1. Le Bus LonTalk

Le protocole LonWorks, également connu sous le nom LonTalk est au cœur du système LonWorks. Ce protocole fournit un ensemble de services de communication qui permettent au programme d'application d'un appareil d'envoyer et de recevoir des messages d'autres appareils sur le réseau sans avoir besoin de connaître: la topologie du réseau, les noms, les adresses, et les fonctions des autres appareils. [12]

LonWorks a été créé par Echelon Corp (www.echelon.com) en 1988, et il est devenu une solution leader de réseautage pour l'automatisation des bâtiments. [13]

Siemens possède deux grandes familles de contrôleurs:

- La première fonctionne avec le bus de communication Ethernet.
- La seconde fonctionne avec le bus de communication LonTalk.

Puisque, le réseau Ethernet ne couvre pas la totalité du centre, et que le matériel Ethernet est plus cher, on a donc utilisé le réseau de communication LonTalk pour transmettre les informations entre les divers contrôleurs du système BMS. Ce type de communication est utilisé pour transmettre les données entre tous les contrôleurs présents dans 'Arizona Gym' qu'ils soient modulaires ou compacts.

Deux types de topologies peuvent être utilisés dans ce cas:

- 1) La topologie ligne.
- 2) La topologie libre.

Le choix de l'une ou de l'autre dépend de la longueur des câbles nécessaires, et de la structure du bâtiment équipé par le système BMS. [14]

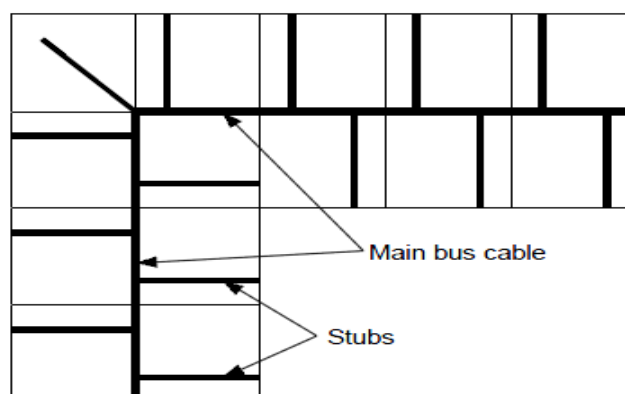


Figure 73: Structure d'un bus de communication.

Reference: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/Pages/VALanguageRouter.aspx>

Si, la longueur du 'stub' sortant du câble principal du bus est plus petite que 3 m, donc la topologie sera 'Ligne', sinon, elle sera 'Libre'.

Dans 'Arizona Gym', la topologie du bus de communication est 'Ligne' comme montre la figure 72 (les lignes de couleur orange). Cette topologie nous permet d'avoir un bus de communication de longueur 900 m lors de l'utilisation des câbles de la catégorie 5.

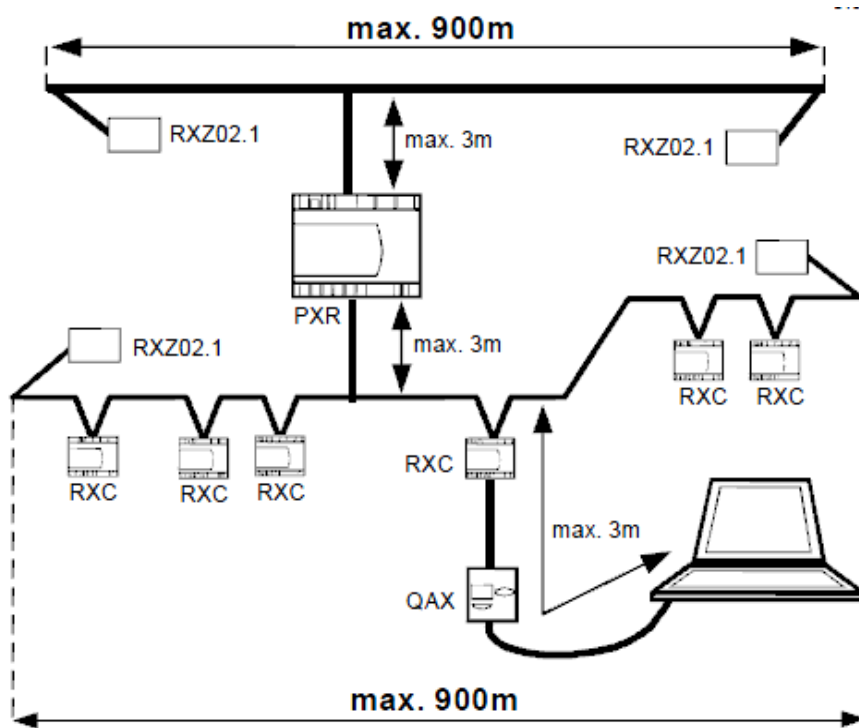


Figure 74: Un bus de communication LonWorks ayant une topologie ligne.
 Reference: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/Pages/VALanguageRouter.aspx>

4.3.2. Le Bus ModBus

Le second type de bus de communication utilisé dans le système BMS de ‘Arizona Gym’ est le bus ModBus.

Par définition, Modbus est un protocole de communication série développé par Modicon (maintenant Schneider Electric) en 1979 pour l'utiliser avec ses automates programmables industriels API (ou PLC). En simples termes, c'est une méthode de transmission des informations sur des lignes série entre les dispositifs électroniques. Le dispositif demandant les informations est appelé ‘le Maître Modbus’, et les dispositifs fournissant les informations sont ‘les Esclaves Modbus’. Dans un réseau Modbus standard, il existe un maître et jusqu'à 247 esclaves, chacun avec une adresse esclave unique de 1 à 247. Le maître peut également écrire des informations sur ‘les esclaves’.

Le Bus Modbus est transmis sur des lignes série entre les dispositifs. La configuration la plus simple serait un seul câble série reliant les ports séries de deux appareils, un ‘Maître’ et un ‘Esclave’. [15]

Dans ‘Arizona Gym’, ce type de communication est utilisé pour avoir des informations à propos des générateurs et de l'ATS. Les informations sont reçues à partir de quatre contrôleurs produits par ‘ComAp’ (numéro de référence : InteliCompact NT MINT). Comme ces contrôleurs utilisent le protocole ModBus, donc, on est obligé d'utiliser ce bus pour recevoir les données nécessaires. Le module ‘TXI1.OPEN’ permet d'intégrer ce type de bus de communication au bus de communication LonTalk du système BMS.

La lecture des informations provenant des contrôleurs ‘ComAp’ se réalise à travers l'intégration des registres à notre système, à l'aide du logiciel ‘TXI Open Tool’. Chaque registre correspond à une information concernant un moteur, et ainsi, selon les registres intégrés, les informations correspondantes peuvent d'être lues.

Les figures suivantes représentent les registres ModBus des informations concernant les moteurs et l'ATS.

Modbus IC-NT GENERATOR

| Register(s) Group | Com.Obj | Name | Dim | Type | Len | Dec | Min | Max |
|----------------------|---------|-------|-----|----------------|------|----------|-----|-----|
| 40008 | 40008 | 8192 | | Gen V L1-N | V | UNSIGNED | 16 | |
| Generator | | | | | | | | |
| 40009 | 40009 | 8193 | | Gen V L2-N | V | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40010 | 40010 | 8194 | | Gen V L3-N | V | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40013 | | 9628 | | Gen V L1-L2 | V | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40014 | | 9629 | | Gen V L2-L3 | V | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40015 | | 9630 | | Gen V L3-L1 | V | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40016 | 40015 | 8198 | | Gen A L1 | A | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40017 | 40016 | 8199 | | Gen A L2 | A | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40018 | 40017 | 8200 | | Gen A L3 | A | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40020 | 40019 | 8209 | | RPM | RPM | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Engine | | | | | | | | |
| 40021 | 40021 | 8210 | | Gen Freq | HZ | UNSIGNED | 2 | 1 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40023 | | 10899 | | W-TerminalFreq | HZ | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Engine | | | | | | | | |
| 40027 | 40026 | 8202 | | Gen kW | kW | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40028 | | 8524 | | Gen kW L1 | kW | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40029 | | 8525 | | Gen kW L2 | kW | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40030 | | 8526 | | Gen kW L3 | kW | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40031 | 40030 | 8203 | | Gen kVAR | kVAR | UNSIGNED | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40032 | | 8527 | | Gen kVAR L1 | kVAR | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40033 | | 8528 | | Gen kVAR L2 | kVAR | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40034 | | 8529 | | Gen kVAR L3 | kVAR | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40035 | 40036 | 8204 | | Gen PF | | INTEGER | 1 | 2 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40036 | | 8533 | | Gen PF L1 | | INTEGER | 1 | 2 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40037 | | 8534 | | Gen PF L2 | | INTEGER | 1 | 2 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40038 | | 8535 | | Gen PF L3 | | INTEGER | 1 | 2 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40040 | | 8395 | | Gen Load Char | | CHAR | 1 | - |
| Generator | | | | | | | | |
| 40041 | | 8626 | | Gen Lchr L1 | | CHAR | 1 | - |
| Generator | | | | | | | | |
| 40042 | | 8627 | | Gen Lchr L2 | | CHAR | 1 | - |
| Generator | | | | | | | | |
| 40043 | | 8628 | | Gen Lchr L3 | | CHAR | 1 | - |
| Generator | | | | | | | | |
| 40044 | 40043 | 8565 | | Gen kVA | kVA | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40045 | | 8530 | | Gen kVA L1 | kVA | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40046 | | 8531 | | Gen kVA L2 | kVA | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |
| 40047 | | 8532 | | Gen kVA L3 | kVA | INTEGER | 2 | 0 |
| Generator | | | | | | | | |

Figure 75: Les registres ModBus concernant les générateurs.

| Adress (s) | Com. Obj. | Name | Dim | Type | Len | Dec | Min | Max | Group |
|-----------------|-----------|-----------------|----------|----------|-----|-----|--------|--------|----------------|
| 40000 | 8192 | Gen V L1-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40001 | 8193 | Gen V L2-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40002 | 8194 | Gen V L3-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40006 | 9628 | Gen V L1-L2 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40007 | 9629 | Gen V L2-L3 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40008 | 9630 | Gen V L3-L1 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Generator |
| 40009 | 8198 | Load A L1 | A | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40010 | 8199 | Load A L2 | A | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40012 | 8200 | Load A L3 | A | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40014 | 8210 | Gen Freq | Hz | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40015 | 8202 | Load kW | kW | Unsigned | 2 | 1 | - | - | Generator |
| 40016 | 8524 | Load kW L1 | kW | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40017 | 8525 | Load kW L2 | kW | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40018 | 8526 | Load kW L3 | kW | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40019 | 9018 | Nominal kVA | kVA | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40020 | 8203 | Load kVAR | kVAR | Integer | 2 | 0 | - | - | Invisible |
| 40021 | 8527 | Load kVAR L1 | kVAR | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40022 | 8528 | Load kVAR L2 | kVAR | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40023 | 8529 | Load kVAR L3 | kVAR | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40024 | 8204 | Load PF | Integer | 1 | 2 | - | - | - | Load |
| 40025 | 8533 | Load PF L1 | Integer | 1 | 2 | - | - | - | Load |
| 40026 | 8534 | Load PF L2 | Integer | 1 | 2 | - | - | - | Load |
| 40028 | 8535 | Load PF L3 | Integer | 1 | 2 | - | - | - | Load |
| 40029 | 8395 | Load Char | Char | 1 | - | - | - | - | Load |
| 40030 | 8626 | Load Char L1 | Char | 1 | - | - | - | - | Load |
| 40031 | 8627 | Load Char L2 | Char | 1 | - | - | - | - | Load |
| 40032 | 8628 | Load Char L3 | Char | 1 | - | - | - | - | Load |
| 40033 | 8565 | Load kVA | kVA | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40034 | 8530 | Load kVA L1 | kVA | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40035 | 8531 | Load kVA L2 | kVA | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40036 | 8532 | Load kVA L3 | kVA | Integer | 2 | 0 | - | - | Load |
| 40037 | 8195 | Mains V L1-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40038 | 8196 | Mains V L2-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40040 | 8197 | Mains V L3-N | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40041 | 9631 | Mains V L1-L2 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40042 | 9632 | Mains V L2-L3 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40043 | 9633 | Mains V L3-L1 | V | Unsigned | 2 | 0 | - | - | Mains |
| 40051 | 8211 | Mains Freq | Hz | Unsigned | 2 | 1 | - | - | Mains |
| 40062 | 8213 | Battery volts | V | Integer | 2 | 1 | - | - | Controller I/O |
| 40063 | 8235 | Bin Inputs | Binary#1 | 2 | - | - | - | - | Controller I/O |
| 40065 | 8316 | Bin Outputs | Binary#2 | 2 | - | - | - | - | Controller I/O |
| 40066 | 8318 | Led GCB Green | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40067 | 8320 | Led GEN Green | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40068 | 8321 | Led GEN Red | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40069 | 8322 | Led MAINS Green | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40070 | 8323 | Led MAINS Red | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40072 | 8455 | Breaker State | Table#1 | 2 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40073 | 8954 | Timer Text | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40074 | 8955 | Timer Value | s | Unsigned | 2 | 0 | - | - | IA Info |
| 40075 | 8707 | FW Branch | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40076 | 8393 | FW Version | Unsigned | 1 | 1 | - | - | - | IA Info |
| 40077 | 8480 | Application | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40079 | 9651 | ControllerMode | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40080 | 9574 | ControllerMode | Unsigned | 1 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40082 | 9978 | Ig Nom | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40083 | 8450 | IgMax | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40084 | 8451 | ST | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40085 | 8452 | ST | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40086 | 8453 | ST | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40087 | 8454 | ST | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Invisible |
| 40114-40115 (2) | 9090 | PasswordDecode | Unsigned | 4 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40117-40118 (2) | 10050 | DiagData | Unsigned | 4 | 0 | - | - | - | IA Info |
| 40137 | 11635 | IL-NT-BIO8 | Binary#3 | 1 | - | - | - | - | Controller I/O |
| 43005 | 8207 | Num Starts | Unsigned | 2 | 0 | - | - | - | Statistics |
| 43006-43007 (2) | 8205 | Genset kWh | Integer | 4 | 0 | - | - | - | Statistics |
| 43008-43009 (2) | 8539 | Genset kVARh | Integer | 4 | 0 | - | - | - | Statistics |
| 43010-43011 (2) | 11195 | Num BadStarts | Unsigned | 4 | 0 | - | - | - | Statistics |
| 43014-43021 (8) | 8637 | ControllerName | String0 | 16 | - | - | - | - | Basic Settings |
| 43022 | 8276 | Nominal Power | kW | Unsigned | 2 | 0 | 1 | 5000 | Basic Settings |
| 43023 | 8275 | Nomin Current | A | Unsigned | 2 | 0 | 1 | 10000 | Basic Settings |
| 43024 | 8274 | CT Ratio | /5A | Unsigned | 2 | 0 | 1 | 5000 | Basic Settings |
| 43027 | 9579 | PT Ratio | /1 | Unsigned | 2 | 1 | 1 | 5000 | Basic Settings |
| 43028 | 9580 | Vm PT Ratio | /1 | Unsigned | 2 | 1 | 1 | 5000 | Basic Settings |
| 43029 | 8277 | NomVolts Ph-N | V | Unsigned | 2 | 0 | 11638* | 11639* | Basic Settings |
| 43030 | 8253 | Nominal RPM | RPM | Unsigned | 2 | 0 | 100 | 4000 | Invisible |
| 43031 | 8278 | Nominal Freq | Hz | Unsigned | 2 | 0 | 45 | 65 | Basic Settings |
| 43032 | 8252 | gear Teeth | Unsigned | 2 | 0 | 0 | 0 | 500 | Invisible |

Figure 76: Les registres ModBus concernant l'ATS.

Pour chaque information, il faut définir :

- 1) Son nom (voltage, ampérage, fréquence,...).
- 2) Son registre.
- 3) Son unité (Hz, V, A,...).
- 4) Le type de la ressource (entrée digitale, sortie digitale,...).
- 5) Le type du signal (entier, booléen,...).

4.3.3. Le Bus KNX

Créé en 1987, par des constructeurs européens du domaine de l'énergie et des techniques du bâtiment, le bus EIB (European Installation Bus) est un standard européen, normalisé ISO (International Standardisation Organisation), et ouvert (non propriétaire): Il est utilisé par plus d'une centaine de fabricants, sur des milliers de produits. L'association EIBA (European Installation Bus Association), créée en 1990, a pour objectif le développement et la promotion de ce système. Cette association participe en 1999, avec BCI et EHSA, à la création de l'association Konnex (KNX).

Le bus KNX est un système à intelligence répartie, c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas d'ordinateur de contrôle, ou d'automate centralisateur: Chaque point connecté au bus dispose de son propre microprocesseur qui gère la communication sur le réseau et qui est capable d'émettre ou de recevoir des messages. L'alimentation du bus KNX est une tension continue nominale de 29 V.

La plupart des composants soutirent directement au bus, l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. La limite inférieure de la tension d'alimentation est de 21 VDC. La consommation d'un composant KNX est, en moyenne, de l'ordre de 10 mA.



En voici quelques caractéristiques du bus KNX:

- 1) Les données qui forment le « message » KNX sont transmises en mode série différentiel avec un débit de 9600 bits/s.
- 2) La durée d'un bit est donc de $1/9600 = 104 \mu\text{s}$.
- 3) La longueur maximale du bus est 1000 m.
- 4) La distance séparant deux composants KNX ne doit pas dépasser 700 m.
- 5) La distance maximale entre un composant et une alimentation est 350 m.
- 6) Les résistances de terminaison ne sont pas nécessaires.
- 7) Dans le cas d'une installation par câble, la technologie KNX utilise une paire torsadée qui peut cheminer avec les câbles « courant fort », sans aucune perturbation. [16]

Dans 'Arizona Gym', ce bus est utilisé pour assurer la communication entre les unités de contrôle 'RDG100.KN' contrôlant les FCUs. Ces unités de contrôle fabriquées par

Siemens appartiennent à la famille KNX. Donc, elles nécessitent un bus de communication KNX, pour transmettre et recevoir les données.

La distance entre les deux unités de contrôle qui sont les plus loin l'une de l'autre est: $220\text{ m} < 700\text{ m}$, et la distance entre l'alimentation et l'unité de contrôle la plus éloignée d'elle est: $240\text{ m} < 350$. Le nombre total des unités de contrôle 'RDG100.KN' est de 24 unités.

L'intégration de ce bus de communication au bus de communication LonTalk est réalisée à travers le contrôleur 'PXC00-U' qui permet la communication BACnet/LonTalk-KNX.

4.3.4. Le Bus Ethernet

C'est le quatrième type de bus de communication utilisé dans le projet 'Arizona Gym'. Par définition, le protocole Ethernet est un réseau constitué de trois composantes principales:

- 1) Les paquets de données qui doivent être envoyés, et qui sont appelés 'trames Ethernet'.
- 2) Les couches physiques: ce sont les éléments qui codent, décodent et synchronisent les données envoyées et reçues.
- 3) Le Media Access Control, ou MAC: ce sont les opérations qui portent sur l'attribution d'adresses à chaque périphérique sur le réseau et la gestion des paquets de données envoyés ou reçus.

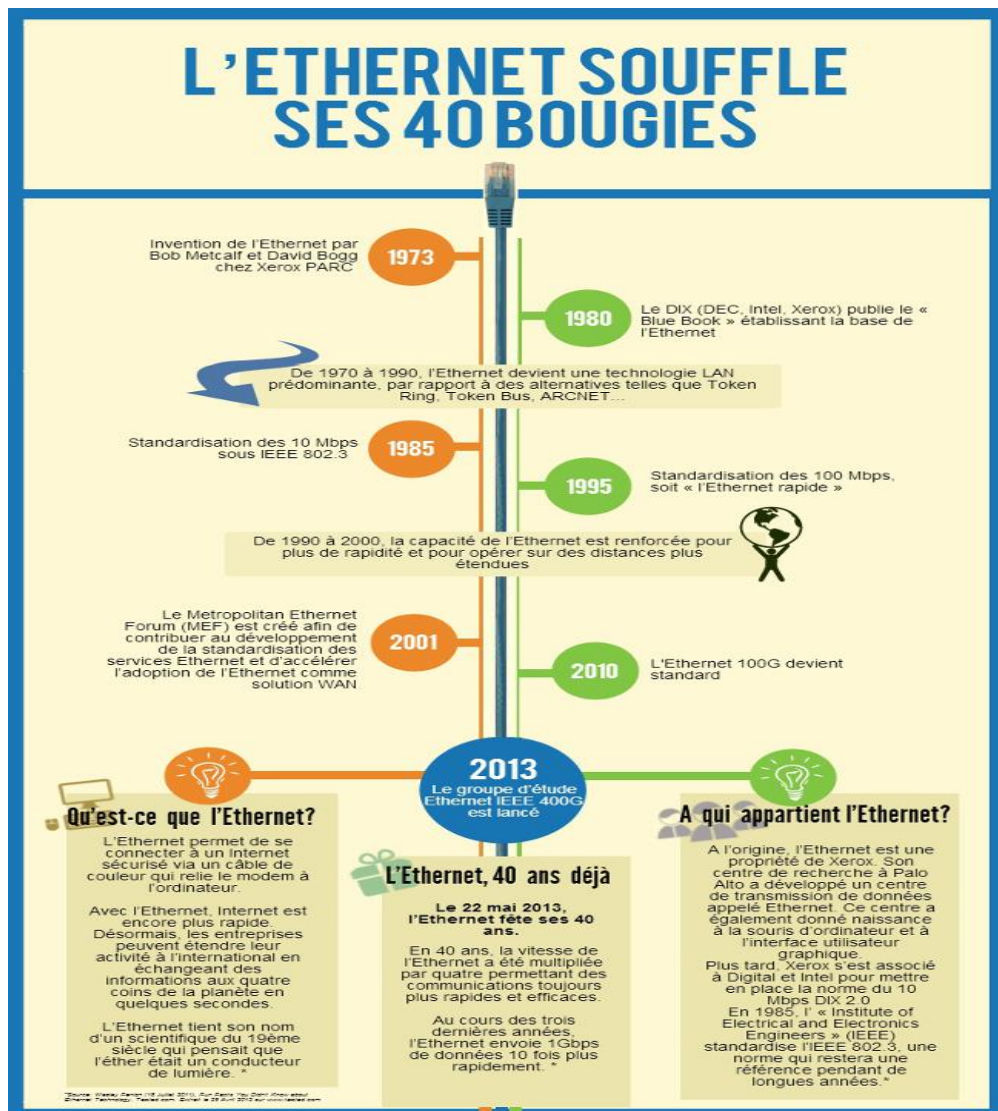
L'utilisation d'un protocole Ethernet nécessite deux ou plusieurs équipements, chacun équipé d'un adaptateur Ethernet, et des câbles Ethernet pour les relier ensemble. Des dispositifs supplémentaires comme les répéteurs, les concentrateurs et les routeurs peuvent être utilisés pour étendre un réseau Ethernet ou pour le connecter à un réseau utilisant un autre protocole, comme un réseau sans fil par exemple. [17]

Parmi les atouts majeurs du protocole Ethernet, on relève:

- 1) L'encapsulation du protocole IP par la technologie Ethernet est très bien établie depuis son implantation généralisée dans l'environnement des réseaux locaux.
- 2) Il est très bien connu par les administrateurs des réseaux.
- 3) Cette technologie offre un débit de l'ordre du mégabit par seconde. On peut commencer avec une interface 100 Mbit/s et un débit de 10 Mbit/s, ensuite augmenter progressivement le débit d'accès selon les besoins.

Le succès du protocole Ethernet repose maintenant sur une complémentarité plus étroite entre cette technologie et les services IP, et sur son adaptation efficace dans le cœur du réseau. [18]

D'autre part, ce protocole présente un principal inconvénient qui est les petites distances de transmission –environ 100 m– à cause de la perte du signal dans les câbles à longue distance. Or, des répéteurs peuvent être utilisés pour améliorer la puissance du signal et ainsi permettre la transmission sur des distances plus grandes. [17]



TATA COMMUNICATIONS



Figure 77: Evolution du protocole Ethernet durant les années.
 Reference: <http://www.usine-digitale.fr/article/le-protocole-ethernet-a-40-ans-son-inventeur-nous-le-rappelle.N197420>

Dans 'Arizona Gym', ce bus de communication est utilisé dans la salle d'opération, dans le but d'assurer la communication entre les différents équipements présents, tel que les ordinateurs, les imprimantes...

Comme le bus principal du système BMS est le BACnet/LonTalk, il faudra donc un appareil qui permet la communication BACnet/LonTalk-BACnet/IP. Cela est réalisé à travers le routeur 'PXG3.L' installé dans le tableau électrique 'Heaters and Chiller'.

Les Problèmes Rencontrés

Plusieurs problèmes ont été rencontrés lors de l'exécution de ce projet et qui ont abouti à un retard de sa mise en service finale. Ces problèmes sont de plusieurs types:

- Des problèmes de compatibilité de version des logiciels.
- Des problèmes de communication de bus.
- Des problèmes de câblage.
- Des problèmes de financement.

Dans ce qui suit, une description précise de ces problèmes.

Les problèmes rencontrés sont les suivants:

1. Incompatibilité entre la version du 'firmware' des contrôleurs et la version du logiciel Xworks:

C'est le premier problème rencontré lors de la mise en service du projet: la version du 'firmware' des contrôleurs utilisés est incompatible avec celle du logiciel Xworks.

2. Fausses connexions des câbles:

Le second problème rencontré est les fausses connexions: certaines connexions aux entrées et aux sorties des modules d'entrées et de sorties sont faites sans respecter leurs adresses spécifiées dans les dessins électriques. Cela a conduit à:

- Un conflit de fonctionnement des équipements: l'ordre donné à une sortie pour faire fonctionner un équipement (une pompe par exemple), fait fonctionner un autre équipement. Cela, à cause de l'incompatibilité des connexions réalisées avec les dessins électriques proposés et le programme réalisé sur le logiciel Xworks.
- La destruction d'un contrôleur, de deux modules d'entrées et d'un module d'alimentation, du fait d'une mauvaise connexion faite à un module d'entrée: cette connexion a alimenté une entrée de celui-ci par une tension de 220 VAC bien que, c'est le rôle de cette entrée de fournir une tension de 24 VDC.

3. Problème de communication avec le bus Modbus:

C'est le troisième problème rencontré lors de la mise en service du projet. Malgré, l'utilisation des modules convenables pour l'intégration du bus ModBus au bus principal LonTalk, et malgré la réalisation de toutes les étapes nécessaires sur le

logiciel 'TXI Open Tool', on a rencontré un problème de communication avec le bus ModBus. Cela, a interdit la réception des informations concernant les générateurs et l'ATS installés dans le centre.

4. Problème de communication avec le bus KNX:

Le bus KNX est utilisé dans ce projet pour assurer la communication entre les unités 'RDG100.KN' qui contrôlent le fonctionnement des FCUs. Or, on a rencontré un problème de communication avec ce bus: pas de communication entre les unités de contrôle et le bus BACnet/LonTalk et ainsi pas de communication avec la station d'opération.

Après, la demande d'aide de la compagnie Siemens, on a trouvé qu'il existe un problème avec le module d'extension 'PXA30-K11' qui contient un défaut de fabrication.

5. Manque d'expertise chez les opérateurs du système BMS:

Malgré, la formation qu'on a réalisée pour les opérateurs, on a rencontré des problèmes d'une mauvaise utilisation du système BMS. Cette mauvaise utilisation a contribué à:

- Des changements du fonctionnement des appareils et des équipements reliés au système BMS, sans en savoir.
- Des fréquents appels téléphoniques dans le but de corriger des fautes réalisées sur le système.

6. Mauvaise installation de certains capteurs et vannes:

Une mauvaise installation de certaines vannes a interdit leur fonctionnement normal: la vanne n'est plus convenablement contrôlée par l'actionneur qui lui est associé. Donc, un problème de circulation d'eau a eu lieu.

Une mauvaise installation de certains capteurs de température et d'humidité à entrainer la détérioration du capteur d'humidité. En fait, six capteurs 'QFM2120' sont détériorés.

7. Problème de financement:

Un problème de financement de 'Arizona Gym' à entrainer l'interruption du travail plusieurs fois et sur différentes durées. Cela, a interdit de suivre un plan de travail spécifié lors de l'exécution du projet BMS et ainsi, prolonger la durée du travail pour un temps plus que le nécessaire.

Les Solutions

Les solutions proposées pour les problèmes rencontrés qui sont décrits ci-dessus, sont les suivantes:

1. Incompatibilité entre la version du 'firmware' des contrôleurs et la version du logiciel Xworks:

Ce problème est résolu en faisant un 'Upgrade' au 'firmware' des contrôleurs. Donc, il sera compatible avec la version du logiciel Xworks, dans lequel se trouvent les programmes de fonctionnement de ces contrôleurs.

2. Fausses connexions des câbles:

Ce second problème est résolu en remplaçant les modules détruits par des nouveaux modules, en réalisant un test pour toutes les entrées et les sorties reliées aux modules d'entrées et de sorties, et en corrigeant les fausses connexions.

3. Problème de communication avec le bus ModBus:

La résolution de ce problème est faite en intégrant point par point, chaque information provenant du bus ModBus à notre système. Cela, nous a permis de savoir qu'il y avait un problème avec les registres ModBus des contrôleurs 'ComAp'.

L'intégration des informations ModBus se réalise à travers des registres qu'on les fait entrer à notre système. Chaque registre représente une donnée concernant un moteur. Le problème rencontré est que ces registres contiennent des erreurs, une fois corrigées, le problème de communication est résolu.

4. Problème de communication avec le bus KNX:

Ce problème est résolu en remplaçant le module 'PXA30-K11' avec un nouveau module. Ainsi, le problème de communication avec le bus KNX est résolu. Donc, les unités de contrôle 'RDG100.KN' peuvent être surveillées et contrôlées à travers la station d'opération.

5. Manque d'expertise chez les opérateurs du système BMS:

Ce problème est résolu en demandant aux personnes spécifiées – qui ont reçu la formation - seulement d'opérer le système BMS, et en faisant une intervention - qu'elle soit en passant au site ou à travers le logiciel 'TeamViewer' - dans le but de résoudre les problèmes provenant de la mauvaise utilisation du système BMS.

6. Mauvaise installation de certains capteurs et vannes:

Ce problème est résolu en ajustant l'installation de certaines vannes, et en remplaçant les capteurs défectueux par des nouveaux capteurs.

7. Problème de financement:

'AutomatiX s.a.l' a aidé autant que possible, par des facilités de paiement, les travaux d'installation du système BMS. Mais, cela n'a pas empêché le retard de l'exécution du travail et la résolution des problèmes financiers.

Le Résultat Final

La mise en service du système BMS a offert les options suivantes:

- 1) L'automatisation, la supervision et le contrôle à distance des matériels et des équipements du centre.
- 2) La connaissance de toutes les informations nécessaires concernant les salles de sport, le sauna, la piscine,... telles que: la température, l'humidité, la détection de présence de personnes...
- 3) La facilité des travaux de maintenance, où les erreurs sont directement détectées et signalées dans la station d'opération. Cela a permis de diminuer le nombre de personnels responsables de la maintenance des équipements:
 - Avant la mise en service du système, il y avait sept personnes responsables de la maintenance: quatre personnes dans le domaine mécanique et trois dans le domaine électrique.
 - Après la mise en service du système BMS, ce nombre est réduit, pour avoir trois personnes dans le domaine mécanique et un seul dans le domaine électrique.
- 4) La diminution de la consommation d'énergie où les pompes, les ventilateurs, les AHUs, les FCUs, et les systèmes d'éclairage fonctionnent suivants des calendriers bien précis, préparés selon les besoins. Donc, le gaspillage et le fonctionnement inutile des équipements sont réduits au minimum.
- 5) L'amélioration du niveau de confort dans les lieux, en contrôlant d'une façon efficace et rapide les conditions internes telles que, la température et l'humidité des salles et en diminuant les interventions du personnel dans les opérations quotidiennes.

Conclusion

Après avoir défini un système BMS et ses constituants, et après avoir déterminé ses avantages et ses points faibles, on a pu parler de l'installation d'un tel système pour 'Arizona Gym'.

Dans une première partie, on a décrit le projet, son architecture, ses équipements électriques, ses équipements mécaniques et son infrastructure, et on a déterminé le cadre du travail en présentant le cahier des charges nécessaire.

Dans une seconde partie, on a développé toutes les étapes nécessaires pour la réalisation d'un tel projet, commençant par l'étude du projet, puis sa conception et enfin sa réalisation. Cela, nous a permis de savoir mes responsabilités comme ingénieur électrotechnique lors de l'exécution du projet.

Dans la troisième partie, on a identifié: les matériels, les logiciels et les bus de communication utilisés dans ce projet, en déterminant la cause de leur utilisation.

Ensuite, on a parlé des problèmes rencontrés lors de l'exécution du travail et leurs résolutions.

Enfin, le résultat final obtenu lors de l'achèvement du travail est décrit, en soulignant les avantages majeurs remarqués une fois le système est mis en service.

La réalisation du projet a exigé un travail rigoureux et sérieux, tout en respectant: le niveau de qualité de livrable, les conditions de délai et les conditions de financement prévus. Pour cela, une gestion professionnelle du projet était nécessaire pour surveiller les tâches dans des conditions difficiles de travail.

Malgré, les problèmes de financement rencontrés lors de l'exécution du projet qui ont abouti à l'arrêt du travail plusieurs fois, interdisant ainsi le suivi d'un plan de travail déterminé, mais cela ne m'a pas interdit de renforcer mes connaissances techniques, d'augmenter mes relations professionnelles et d'améliorer mes compétences de management.

Bibliographie

- [1] Saeed Kamali, Golrokh Khakzar, Soolmaz Abdali HajiAbadi, 2014. Effect of Building Management System on Energy Saving
- [2] Greener Live Performances
http://greener.liveperformance.com.au/uploads/pages/10/building_management_systems_in_fo_kit_for_venues.pdf
- [3] NCDOL
http://www.nclabor.com/boiler/boiler_faq1.htm
- [4] Futura - Sciences
<http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dico/d/maison-sauna-10906/>
- [5] Futura - Sciences
<http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/dico/d/maison-jacuzzi-10732/>
- [6] Stansstuff
<http://www.stansstuff.com/qu-est-ce-qu-un-refroidisseur-d-eau/>
- [7] HVAC Concept
<http://www.hvac-concept.com/fr/CC-pompe-a-chaaleur-eau-eau>
- [8] HIT (Catalogue intelligent chez Siemens)
- [9] Siemens
[http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42263_CM110562en\\$01.pdf](http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/42263_CM110562en$01.pdf)
- [10] Siemens
<https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10068547>
- [11] Siemens
<http://siemens-desigo.ru/CM110660en.pdf>
- [12] ECHELON Corporation
<downloads.echelon.com/support/documentation/.../078-0183-01a.pdf>

[13] RTA

<http://www.rtaautomation.com/technologies/lonworks/>

[14] Building technologies Siemens

<http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/Pages/VALanguageRouter.aspx>

[15] Simply Modbus 2015

<http://www.simplymodbus.ca/faq.htm#Modbus>

[16] Patrick ABATI, 21/12/2004, Le Bus EIB – Le Standard KNX

<http://sitelec.org/cours/abati/eib/eib.htm>

[17] Famsci 2015

<http://www.famsci.com/definition-du-protocole-ethernet.html>


[18] Futura - Sciences


<http://www.futura-sciences.com/magazines/high-tech/infos/dico/d/internet-ethernet-472/>

Annexes

Annexe A: Les caractéristiques de quelques composants du système BMS Siemens.

1. RXZ02.1

| Bus terminator 105 Ohm for LonWorks bus | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|-----------|-------|----------------------|------|--------|----------|--------------------------------|-----------|
| Product no. | Documents | Stock no. | | | | | | | | |
| RXZ02.1 |  | RXZ02.1 | | | | | | | | |
| <p>A LONWORKS bus terminator is used as the termination resistor for LONWORKS networks. Terminators with a resistance of 52.3 Ω or 105 Ω are required, depending on the selected topology.</p> <p>Summary LonWorks bus terminator with a resistance of 105 ohm; other technical data as for RXZ01.1.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribute</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Degree of protection</td> <td>IP40</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>0.012 kg</td> </tr> <tr> <td>Ambient temperature, operation</td> <td>0...50 °C</td> </tr> </tbody> </table> | | | Attribute | Value | Degree of protection | IP40 | Weight | 0.012 kg | Ambient temperature, operation | 0...50 °C |
| Attribute | Value | | | | | | | | | |
| Degree of protection | IP40 | | | | | | | | | |
| Weight | 0.012 kg | | | | | | | | | |
| Ambient temperature, operation | 0...50 °C | | | | | | | | | |




2. RDG100.KN

| Room thermostat with KNX communications, AC 230 V, for fan coil units and universal applications | |
|--|--|
| Attribute | Value |
| KNX | 1 |
| Controller | 1 |
| Operating voltage | AC 230 V |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Power consumption | 15VA / 2 W |
| Positioning signal | 2-position , PWM , 3-position |
| Control algorithm | 2-point / PI |
| Ambient temperature, operation | 0...50 °C |
| Setpoint setting range | 5...40 °C |
| Measuring range, temperature | 0...49 °C |
| Switching differential | Heating: 0.5...6 K Cooling: 0.5...6 K |
| Communication | Bus: KNX (S-Mode und LTE-Mode mit Synco 700) |
| Analog inputs | External room / return air temperature , Heat / Cool changeover , Operation mode changeover , Window contact on/off , Dewpoint monitor , Electrical heater enabled |
| Analog inputs, number | 2 |
| Digital inputs, number | 1 |
| Relay outputs | Fan: 1- or 3-speed |
| Relay outputs, number | 3 |
| Relay output, switching voltage | AC 230 V |
| Relay output, switching current | 5 (4) A |
| Triac outputs | Valve, el. heater , 2-position, PWM, 3-position |
| Triac outputs, number | 3 |
| Triac output, switching voltage | AC 230 V |
| Triac output, switching current | Max. 1 A |
| Mounting position | Wall mounting |
| Mounting | Wall mounting with screws |
| Type of fixing | Wall mounting with screws |

3. QAX34.1

| Product no. | Documents | Stock no. |
|-------------|-----------|-----------|
|-------------|-----------|-----------|


| | | |
|--|---|---------|
| QAX34.1 |  | QAX34.1 |
| <ul style="list-style-type: none"> • Acquisition of room temperature • Rocker switch for adjustment of room temperature setpoint • Rocker switch for mode selection (Off/Auto) and for manual fan control with fan coil systems (up to 3 speeds) • LCD with display of room temperature and control mode | | |

| Attribute | Value |
|------------------------------|---|
| Interface for controller | PPS2 |
| Interface for service | LonWorks and PPS2 on RJ45 |
| Voltage supply | PPS2 |
| Power consumption | 0.10 VA |
| Measuring range, temperature | 0...40 °C |
| Sensing element, temperature | NTC |
| Measurement accuracy | ±0.25 K at 25 °C, ±0.5 K at 5...30 °C |
| Time constant | ≈8 min |
| Setpoint readjustment range | ±12 K |
| Mounting location | Indoors |
| Mounting | Directly on wall , In recessed or top-mounted conduit box |
| Degree of protection | IP30 |
| Dimensions (W x H x D) | 90 x 100 x 36 mm |
| Weight | 0.13 kg |



4. PXG3.L

| Product no. | Documents | Stock no. |
|-------------|-----------|-----------|
|-------------|-----------|-----------|


| | | |
|---|---|------------------|
| PXG3.L |  | S55842-Z105-A100 |
| <p>The PXG3.. BACnet router connects a BACnet Ethernet/IP network (BACnet/IPv4 and BACnet/IPv6) to a BACnet/LonTalk network (PXG3.L only), and/or a BACnet/MS/TP channel. BACnet objects are simultaneously transmitted among any and all networks.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Routing between BACnet MS/TP, BACnet/LonTalk (PXG3.L only), and BACnet/IP • Routing between BACnet/IPv4 and BACnet/IPv6 • Configuration with Desigo Xwork Plus • LED indication • 2-port Ethernet switch for low-cost cabling (10/100 baseT) • BACnet MS/TP (RS-485) baud rates: 9600, 19200, 38400, 76800 | | |

| Attribute | Value |
|------------------------|---|
| Operating voltage | AC 24 V, DC 24 V |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Communication | BACnet / IP (BACnet/IPv4 and BACnet/IPv6) , BACnet / LonTalk , BACnet / MS / TP |
| Degree of protection | IP20 |
| Dimensions (W x H x D) | 162 x 74 x 90 mm |



5. TXA1.IBE


| Product no. | Documents | Stock no. |
|-------------|-----------|-----------|
|-------------|-----------|-----------|

| | | |
|---|---|--------------|
| TXA1.IBE |  | BPZ:TXA1.IBE |
| <ul style="list-style-type: none"> • Expand island bus to a distance of up to 2 x 200 meters • Compact design per DIN 43 880, requires little space • With LED to monitor communication status • Easy installation and setup: • Mounted on standard rails • Self-connecting bus (island bus) for the easiest possible installation • Plug-in screw terminals for island bus expansion • No programming / parameterization tool required | | |

| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 24 V |
| Power consumption | 1.2 W |
| Weight | 0.064 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 32 x 77.5 x 98 mm |




6. TXI1.OPEN

| Product no. | Documents | Stock no. |
|--|---|-------------|
| TXI1.OPEN |  | S55661-J100 |
| <p>RS232/485 module as platform to integrate third-party systems and devices to the Desigo building automation and control system via modular automation stations PXC.D (Version 4 or higher).</p> <ul style="list-style-type: none"> • With LED's to monitor operating and communication status • USB interface for connecting the TX Open Tool • Easy installation and setup • Simple, fast diagnostics • Suitable for operation using pre-defined applications for the following systems: <ul style="list-style-type: none"> • Modbus • M-Bus • G120P • Grundfos- and Wilo pumps | | |



| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 24 V |
| Power consumption | 1.32 W |
| Communication | RS232 , RS485 |
| Weight | 0.168 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 96 x 77.5 x 98 mm |


7. TXM1.8U

| Product no. | Documents | Stock no. |
|---|---|-----------|
| TXM1.8U |  | TXM1.8U |
| <p>8 inputs/outputs signaled with green LED, without local operation</p> <p>8 universal I/O points, individually configurable as:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DI: Message signal, message impulse or counter impulse (25 Hertz) • AI: Temperature sensor or DC 0...10 V • AO: DC 0...10 V <p>Additional info Easy-to-understand operation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local priority operation as per VDI3814 • Simple display concept with LCD and colored LEDs | | |



| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 22.5...26 V |
| Power consumption | 1.5 W |
| Weight | 0.179 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 64 x 77.5 x 98 mm |

8. TXM1.6R

| Product no. | Documents | Stock no. |
|--|---|-----------|
| TXM1.6R |  | TXM1.6R |
| <p>6 outputs signaled with green LED, without local operation.</p> <p>6 DO (relay switch), individually configurable as:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continuous or impulse contact • Single-stage or multi-stage • Three-point positioning output with internal stroke model <p>Hardware bolting device is by means of external wiring the two-way contacts.</p> <p>Additional info Easy-to-understand operation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local priority operation as per VDI3814 • Simple display concept with LCD and colored LEDs | | |



| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 22.5...26 V |
| Power consumption | 1.7 W |
| Weight | 0.231 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 64 x 77.5 x 98 mm |

9. TXM1.8D

| Product no. | Documents | Stock no. |
|-------------|-----------|-----------|
|-------------|-----------|-----------|

TXM1.8D  **TXM1.8D**
 8 digital input, signaling per input with three-colored LED (green, yellow, red), without local operation.

- 8 DI, individually configurable as:
- Message signal
 - Message impulse with storage functions
 - Counter impulse for up to a maximum of 10 Hertz


- Additional info**
 Easy-to-understand operation:
- Local priority operation as per VDI3814
 - Simple display concept with LCD and colored LEDs

| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 22.5...26 V |
| Power consumption | 1.1 W |
| Digital inputs, number | 8 |
| Weight | 0.164 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 64 x 77.5 x 98 mm |



10. TXM1.16D

| Product no. | Documents | Stock no. |
|-------------|-----------|-----------|
|-------------|-----------|-----------|

TXM1.16D  **TXM1.16D**
 16 digital input, signaling per input with green LED, without local operation.

- 16 DI, individually configurable as:
- Message signal
 - Message impulse with storage functions
 - 8 inputs as counter impulse for up to a maximum of 10 Hertz

- Additional info**
 Easy-to-understand operation:
- Local priority operation as per VDI3814
 - Simple display concept with LCD and colored LEDs

| Attribute | Value |
|------------------------|-------------------|
| Operating voltage | DC 22.5...26 V |
| Power consumption | 1.4 W |
| Digital inputs, number | 16 |
| Weight | 0.199 kg |
| Dimensions (W x H x D) | 64 x 77.5 x 98 mm |



11. PXC00-U

| Attribute | Value |
|------------------------|---|
| Operating voltage | AC 24 V |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Power consumption | 45 VA |
| Communication | Bus: BACnet / LonTalk, PTP (point to point) or IP |
| Rate of transmission | LON-bus: 78 kbps PPS2: 4.8 kbps P-bus: 62.5 Kbaud |
| Battery life | 4 years |
| Memory | Flash: 16 MB SDRAM: 32 MB SRAM: 2 MB |
| Dimensions (W x H x D) | 210 x 150 x 136 mm |
| Degree of protection | IP30 |

12. PXC100.D

| Attribute | Value |
|------------------------|---|
| Operating voltage | AC 24 V |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Communication | Bus: BACnet / LonTalk |
| Rate of transmission | LON-bus: 78 kbps Ethernet / IP: 10/100 MBit/s |
| Battery life | 4 years |
| Memory | Flash: 32 MB , SDRAM: 64 MB |
| Dimensions (W x H x D) | 192 x 74 x 96 mm |
| Degree of protection | IP20 |

13. PXC12.D

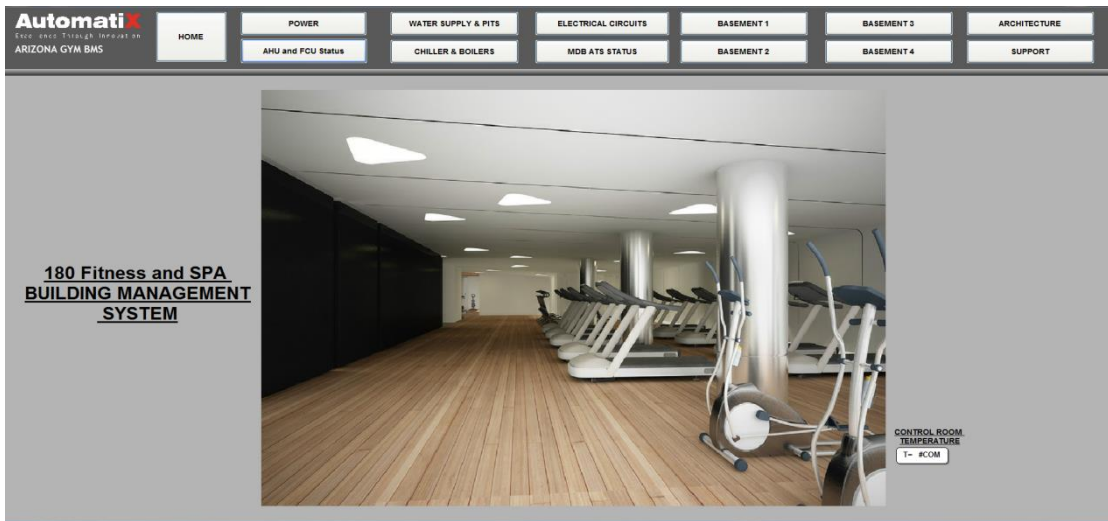
| Attribute | Value |
|----------------------------------|--|
| Universal inputs/outputs, number | 8 |
| Universal inputs/outputs | Configurable software |
| Operating voltage | AC 24 V |
| Frequency | 50/60 Hz |
| Power consumption | 24 VA |
| Communication | Bus: BACnet on LonTalk , Room unit: PPS2 |
| Digital inputs, number | 2 |
| Digital input, contact query | 7 mA, DC 20...25 V |
| Digital outputs, number | 2 |
| Relay outputs | Monostable, changeover contact |
| Dimensions (W x H x D) | 272 x 150 x 62 mm |
| Degree of protection | IP20 |

Annexe B: Les prix de 2016 de quelques composants du système BMS Siemens.

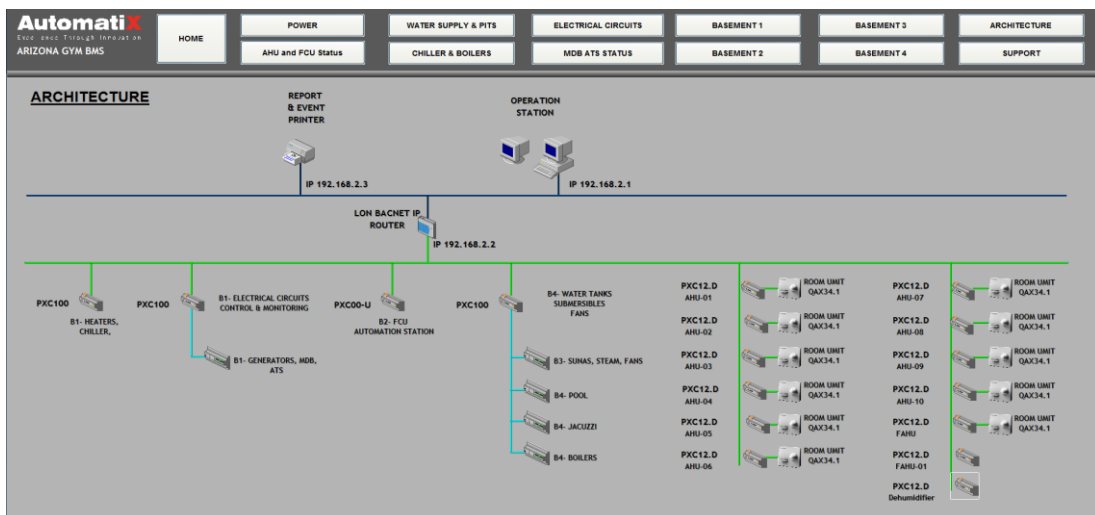
| Composant | Description | Prix |
|--------------------|--|-----------|
| PXC100.D | Automation Station - Lon for 200 DP | 2250 Euro |
| PXC100-E.D | Automation Station - Ethernet for 200 DP | 2620 Euro |
| PXC12.D | Compact Controller LonTalk Communication | 1030 Euro |
| PXC12-E.D | Compact Controller Ethernet Communication | 1170 Euro |
| TXS1.12F10 | Power Supply Module 24VDC, 1.2A | 246 Euro |
| TXS1.EF10 | Passive Bus Connection Module | 69.9 Euro |
| TXM1.16D | Digital input module, 16 I/O | 287 Euro |
| TXM1.8D | Digital input module, 8 I/O | 211 Euro |
| TXM1.6R | Relay module, 6 I/O | 315 Euro |
| TXM1.8U | Universal module (DI, AI, AO), 8 I/O | 414 Euro |
| TXA1.IBE | Island Bus Expansion Module | 108 Euro |
| TXI1.OPEN | TXI1.OPEN TX OPEN RS232/485 Module | 509 Euro |
| PXG3.L | BACnet Router Ethernet/IP-LonTalk-MS/TP | 1080 Euro |
| RXZ02.1 | Bus-terminator | 43.8 Euro |
| QAX34.1 | Room unit with PPS2, setpoint, LCD, mode & fan speed switch | 153 Euro |
| RDG100.KN | Room temperature controller KNX | 182 Euro |
| QVE1901 | Liquid Flow Switch 1A, for DN 20...20 | 124 Euro |
| QFM2120 | Duct temp/hum sensor , range -35...50 C/ 0...95%rh | 228 Euro |
| QBM81-3 | Diff. pressure switch, range 20...300 pa | 73.5 Euro |
| QAE2120.010 | Immersion temp sensor / Ni1000, 100mm range -30 to 130 | 73.1 Euro |
| SSB61 | Actuator 200N for TEVA EL (s=5.5mm), 0-10V, AC/DC 24V (75s) | 117 Euro |
| SAX61 | Valve actuator 800N, stroke 20mm, 24V, | 396 Euro |

Annexe C: Les graphiques de la station d'opération.

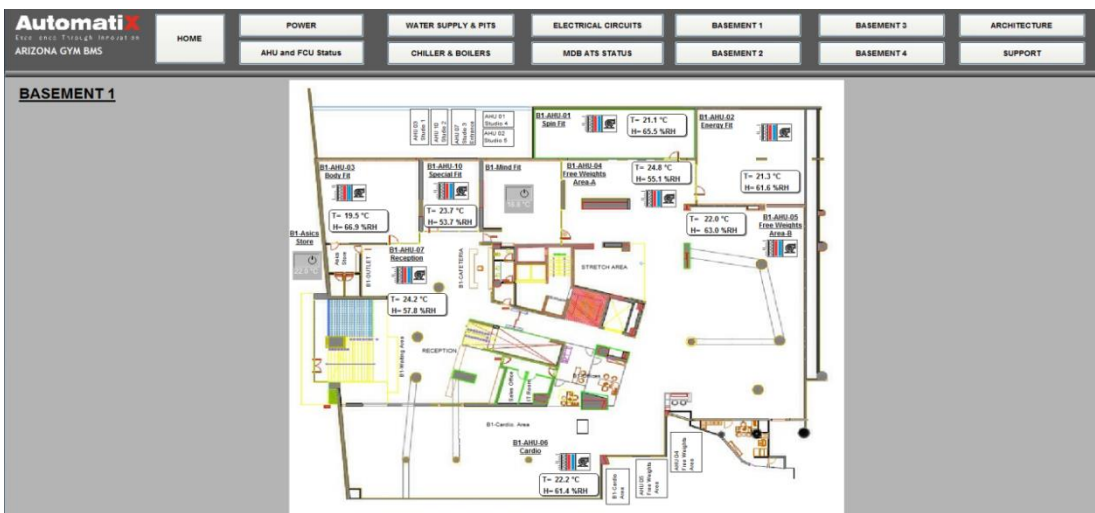
1. Home Page



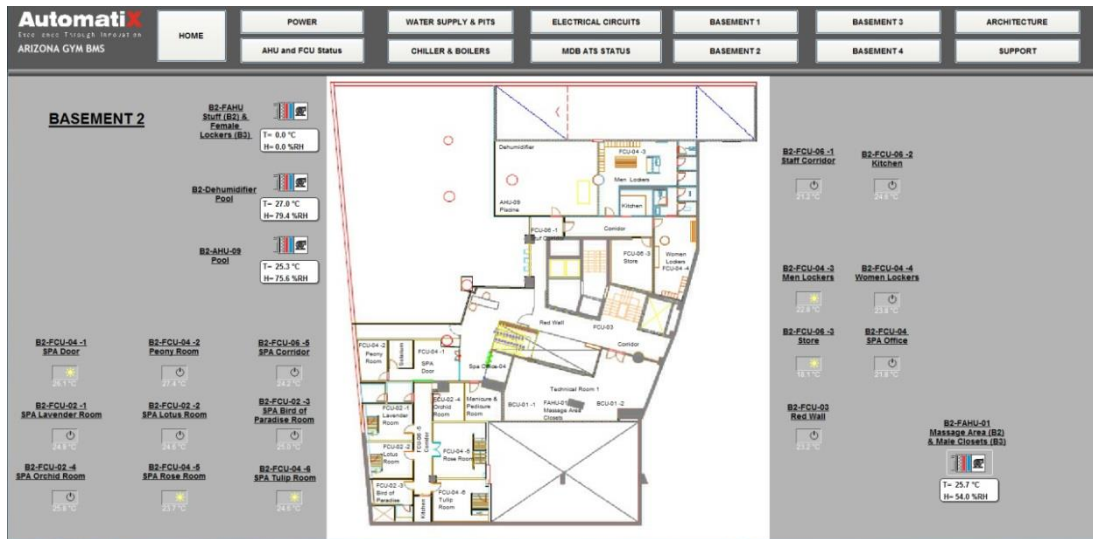
2. Architecture du système BMS



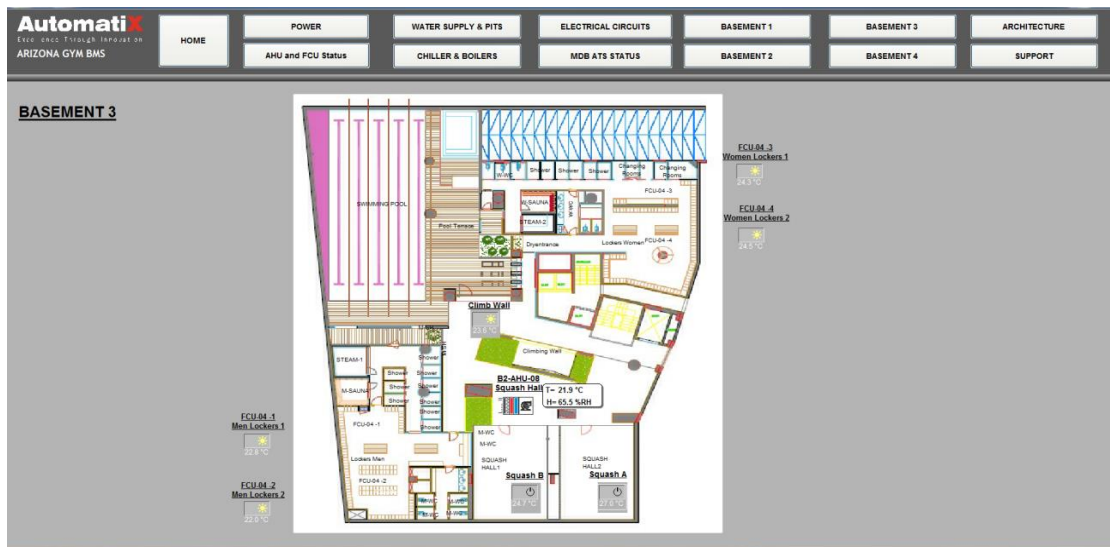
3. Sous-sol 1



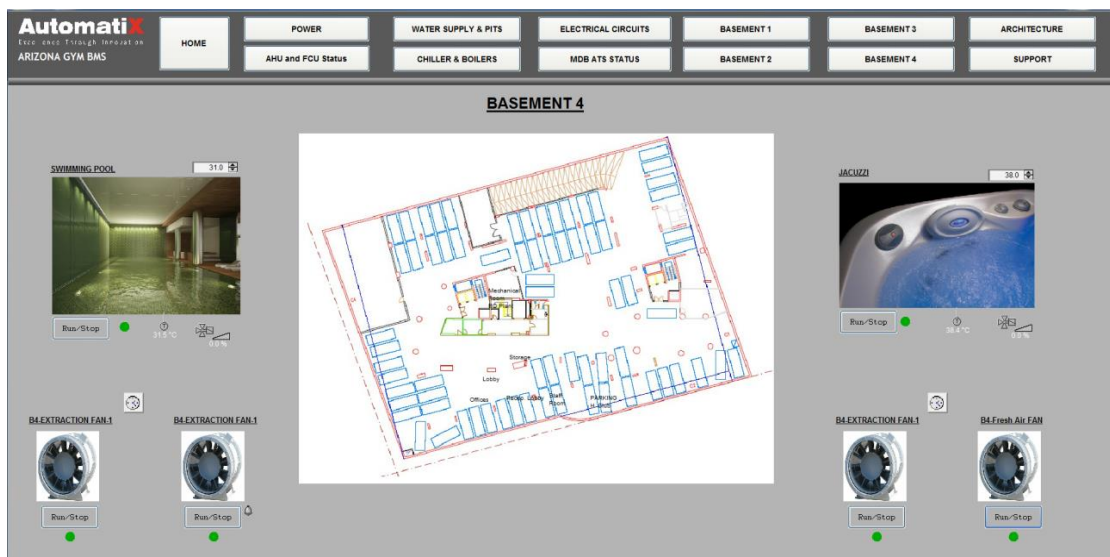
4. Sous-sol 2



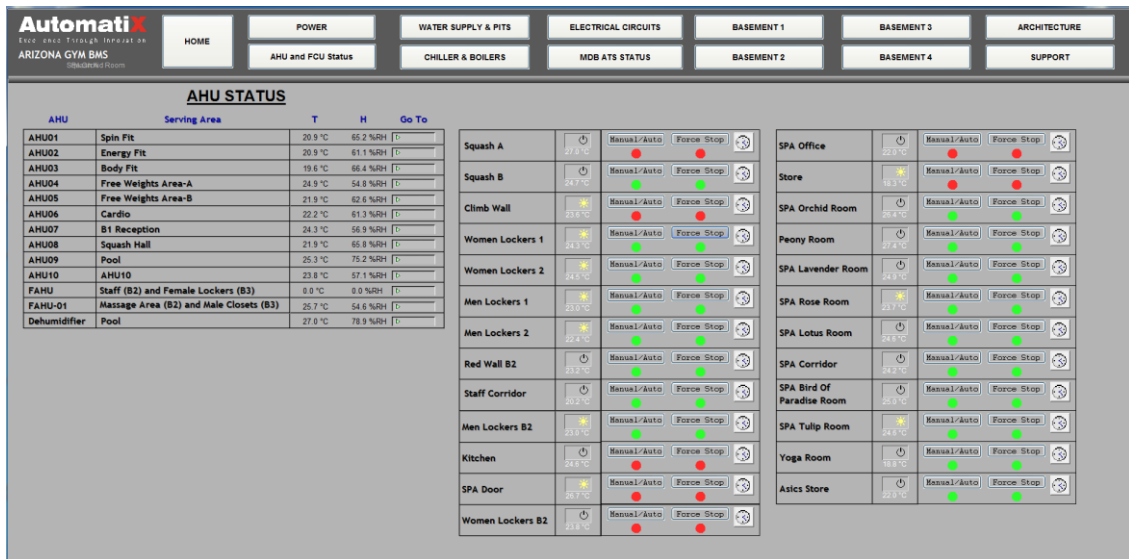
5. Sous-sol 3



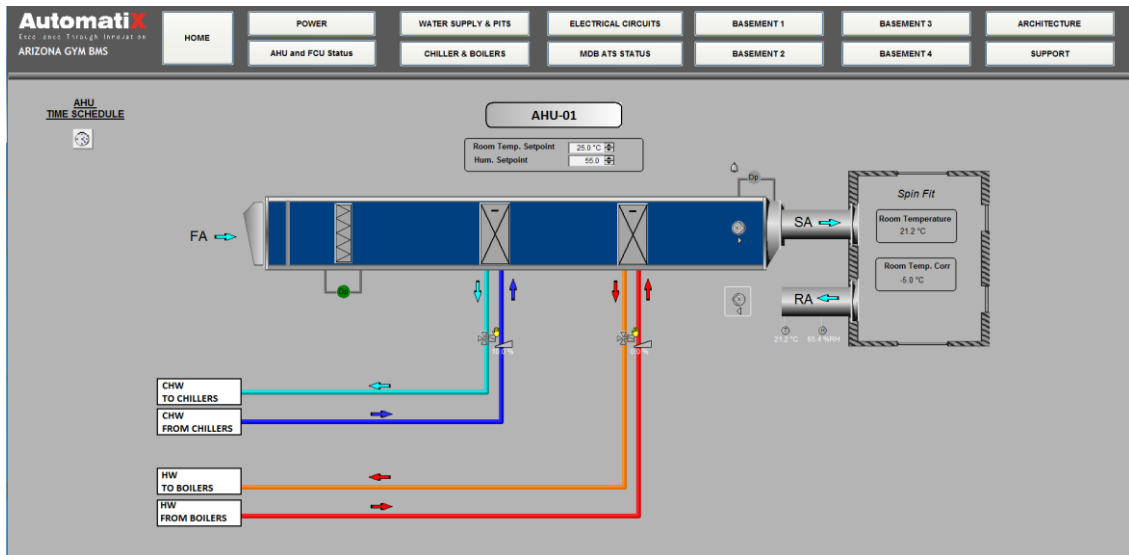
6. Sous-sol 4



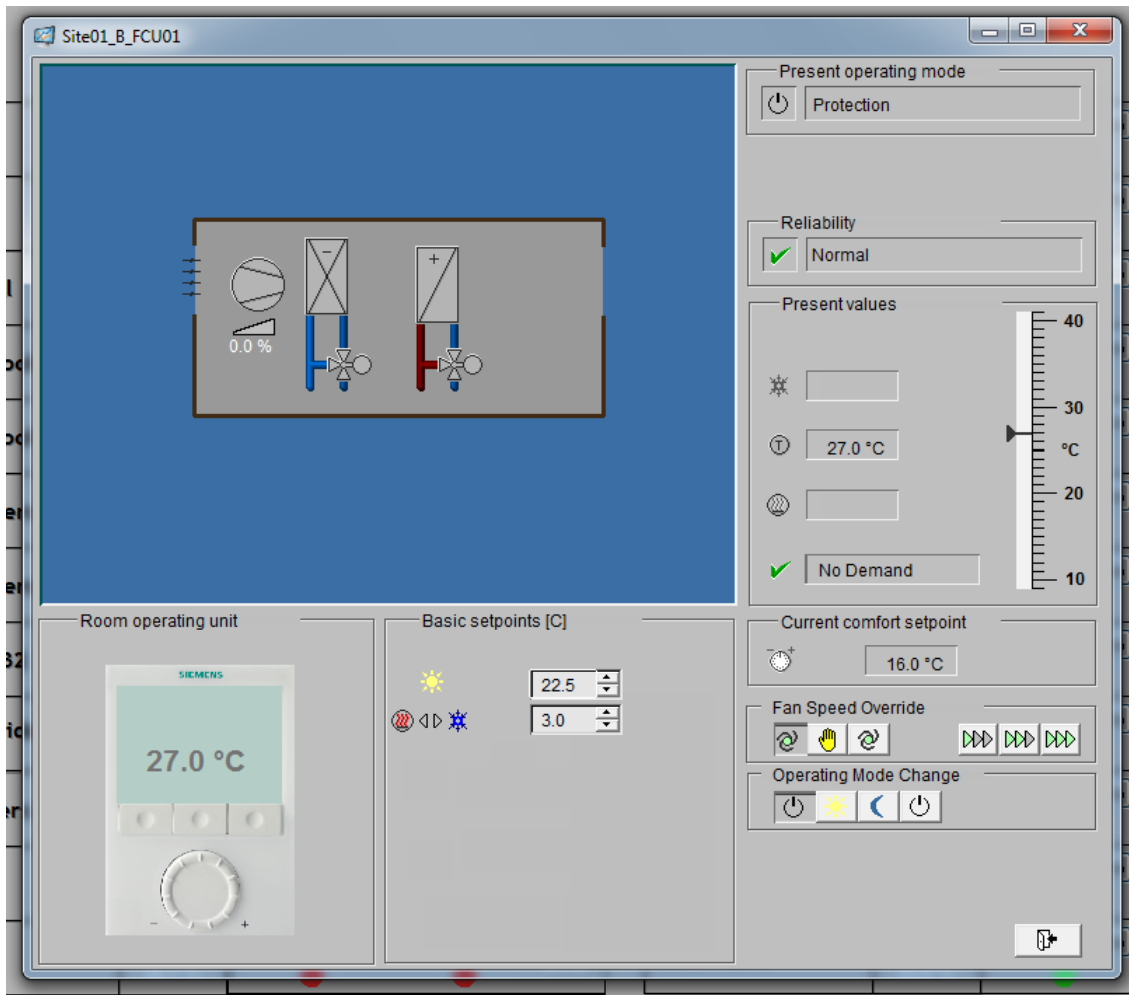
7. AHU and FCU



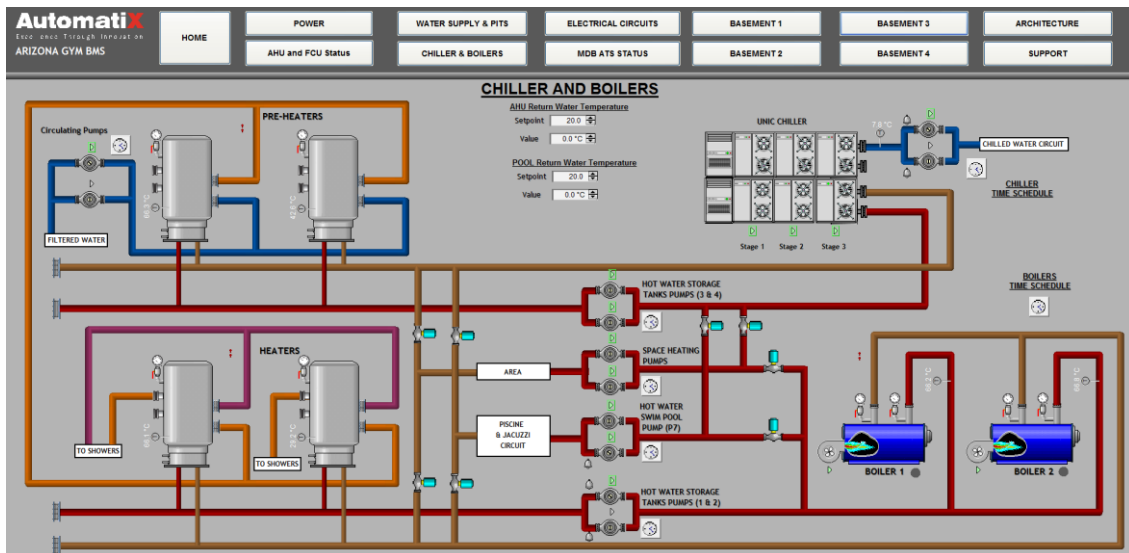
8. AHU



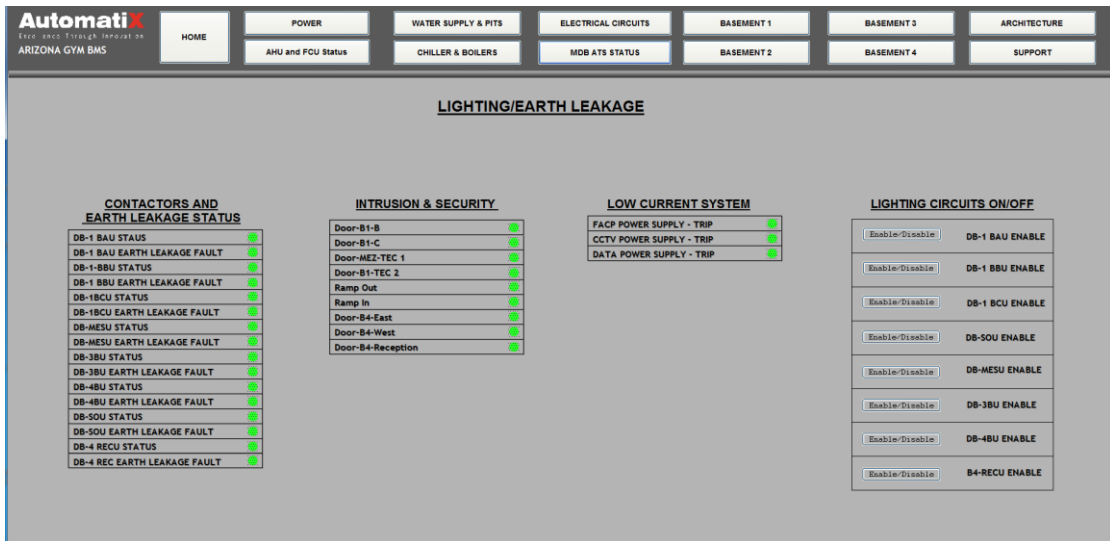
9. FCU



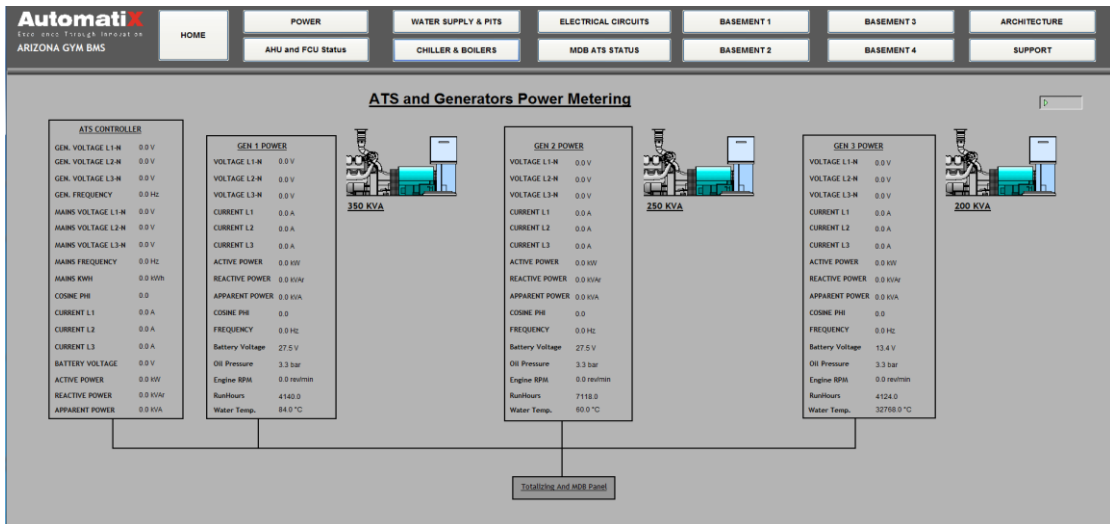
10. Chiller and Boilers



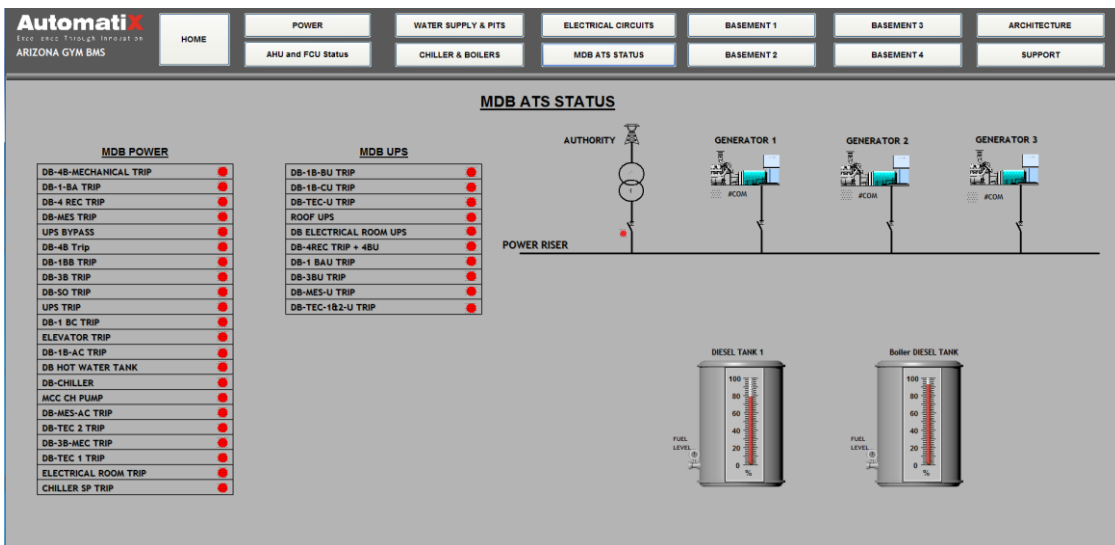
11. Electrical Circuits



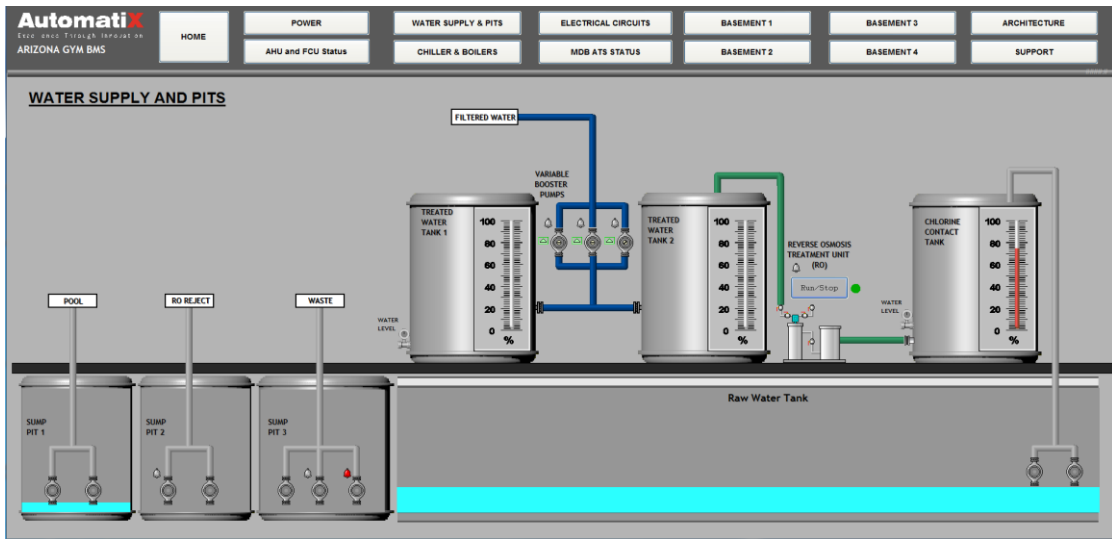
12. Power



13. MDB ATS Status



14. Water Supply And Pits



15. Support