

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département d'Automatique



Mémoire de MASTER en automatique

Thème :

**Développement d'une solution de gestion et de
supervision d'un système de refroidissement
à base d'automate programmable SIEMENS**

Réalisé par :

AYAB Ahmed

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. O.STIHI

Mr. M.CHAKIR

Pr. E.M.BERKOUK

Président

Examineur

promoteur

Promotion : juin 2014

ENP 10 Avenue Hacén Badi B.P 182 , El-Harrach 16200, Alger , ALGERIE

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté de réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Pr.BERKOUK de l'Ecole Nationale Polytechnique pour nous avoir encadré durant notre projet de fin d'études et nous conseillé tout le long de notre travail.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre projet.

Nos sincères remerciements aux ingénieurs d'ORASCOM TELECOM ALGERIE qui nous ont conseillé et éclairé sur notre travail tout le long de notre projet.

Nous souhaitons aussi remercier tous les enseignants de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, et en particulier, Nos professeurs d'Automatique qui nous ont encadrés auparavant et tous nos enseignants pour les connaissances qu'ils nous ont transmis, leur disponibilité et leurs efforts.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui ont fait de moi ce que je suis.

A mes frères et mes sœurs, pour qui j'ai toujours tenu à donner le meilleur de moi-même.

A ma grand-mère, qui m'a toujours soutenu.

A mon binôme Ilyas pour ces deux années de travail pleines de souvenirs, ainsi qu'a

toute sa famille que je remercie pour son hospitalité et sa gentillesse.

A mes amis Salah, Zaki, Anis, Hamada, Djalil, Zinou, Mohamed, Labib, Abdallah et Abdnour, qui ont toujours été là pour moi

A mes amis et camarades de l'Ecole Nationale Polytechnique, et toute la promotion Automatique de l'année 2014.

Aux anciens Automaticiens qui m'ont servis d'exemples

A tous ceux qui me sont chers, et qui me portent dans leurs cœurs.

.AHMED

ملخص :

و يستند العمل المقدم في هذه المذكرة أساسا على استخدام الالي SIEMENS PLC عملنا هو تطوير حل لتسيير و مراقبة نظام تبريد , وذلك باستعمال المبرمج STEP 7 و برنامج تصميم واجهات المستخدم الرسومية WinCC ,
الكلمات المفتاحية : SIEMENS PLC , STEP 7 , WinCC , الاشرافية , التبريد المجاني .

RESUME :

Le travail présenté dans ce mémoire est basé essentiellement sur l'utilisation des automates programmables SIEMENS. Notre travail est le développement d'une solution de gestion et de supervision d'un système de refroidissement par l'utilisation du logiciel de programmation STEP7, et le logiciel de conception des interfaces graphiques WinCC flexible.

Mots clés : automates programmables SIEMENS ; STEP 7 ; WinCC, supervision, free cooling .

Abstract :

The work presented in this project is essentially based on the utilization of SIEMENS Programmable Logic Controllers. Our work is the development of a solution to control a system "Free cooling", using the programming software STEP7 and the graphical interfaces concepter WinCC flexible.

Keywords : Programmable Logic Controllers, SEIMENS, STEP7, WinCC, supervision, Free cooling.

Symboles et abréviation

API : Automate Programmable Industriel

CONT : Langage de programmation de l'automate

CPU : Central Processing Unit

HMI : Interface Homme Machine

MPI : Multi Point Interface

OTA : Orascom Telecom Algerie

PLC : Programmable logic controllers

TOR : Toute ou rien

Table des matières

Introduction générale :.....	3
I. Description du système Free cooling :	3
II. Le système de gestion de refroidissement :	4
III. Développement du projet :	5
III.3.1. Configuration du matériel :	6
III.3.2. Définition des mnémoniques :	8
III.3.3 Ecriture du programme:.....	9
III.4. Création de la vue de supervision :.....	14
III.5. Simulation du projet sur STEP et WinCC flexible :.....	15
III.6. Le capteur de température proposé :	17
Conclusion :.....	18
Bibliographie :.....	19

Sommaire des figures

Figure I:1.Le système Free Cooling	4
Figure I:2 .Configuration de la CPU	6
Figure I:3. Configuration du module d'alimentation	7
Figure I:4: Configuration de la liaison entre l'automate et la station HMI	7
Figure I:5. Paramétrage des entrées analogiques	8
Figure I6.Traitement des entrées analogiques dans l'automate.....	9
Figure I:7.La mise à l'échelle de la température interne.	10
Figure I:8. La mise à l'échelle de la température externe.	10
Figure I:9.Programmation de la première condition	11
Figure I:10.Comparaison de la température interne avec 20°C.....	12
Figure I:11.Comparaison de la température intérieure avec 35°C.	12
Figure I:12. Commande de démarrage du free cooling	13
Figure I:13. Commande d'arrêt des climatiseurs.	13
Figure I:14. Simulation pour $T_{ext}=24^{\circ}C$ $T_{int}=17^{\circ}C$	15
Figure I:15. Simulation pour $T_{ext}=32^{\circ}C$ $T_{int}=28^{\circ}C$	16
Figure I:16.Simulation pour $T_{ext}=32^{\circ}C$ $T_{int}=28^{\circ}C$	16
Figure I:17: Sonde de température TB/TS à thermistance	17

Introduction générale :

Les équipements de la salle d'énergie de la station OTA délivrent une grande quantité de chaleur, celle-ci peut provoquer des défaillances due à la surchauffe des équipements de télécommunication. Le système de refroidissement existant au niveau de cette salle est à base de climatiseurs à grande puissance, qui travaillent d'une façon continue jours et nuits, même les jours de basse température. Cette méthode mis appart son efficacité présente un désavantage majeur qui est, l'importante consommation d'énergie tout au long de l'année. Nous proposons une solution pour réduire celle-ci sans pour autant altéré l'efficacité du système.

Pendant la saison d'hiver, les jours et les nuits sont fraîches, la température moyenne arrive jusqu'à 10°C. L'idée est d'exploiter cette source de froid naturel, pour remplacer complètement la puissance frigorifique distribuée par les compresseurs.

La puissance des climatiseurs est de 16.26 kW, avec un débit d'air de 3400 m³/h, cette consommation est due au compresseur.

Dans le but de minimiser la consommation en énergie électrique, nous avons proposé un système de gestion de refroidissement. Celui-ci bascule automatiquement entre les refroidisseurs existant (climatiseurs), et le système de refroidissement gratuit "**Freecooling**". Le système de gestion est assuré par un automate programmable.

I. Description du système Free cooling :

Le free cooling (refroidissement gratuit) consiste à utiliser directement l'air extérieur pour refroidir la salle. L'air extérieur de température plus basse que l'intérieur, est introduit dans la salle afin d'assuré le refroidissement de cette dernière.[1]

Ce système est constitué de :

- Ventilateur de pulsion centrifuge qui aspire l'air frais de l'extérieure et l'injecte dans les zones où les équipements donnent plus de chaleur.
- Un filtre qui assure le filtrage d'air et d'humidité de l'extérieur, car les équipements de la salle nécessitent une mise en marche dans un environnement sec et impollué classe G4.

- Des gaines de distribution pour la distribution de l'air soufflé.
- Des ouvertures d'entrée et de sortie de l'air.

La figure ci-dessous représente une installation simplifiée pour un système Free Cooling :

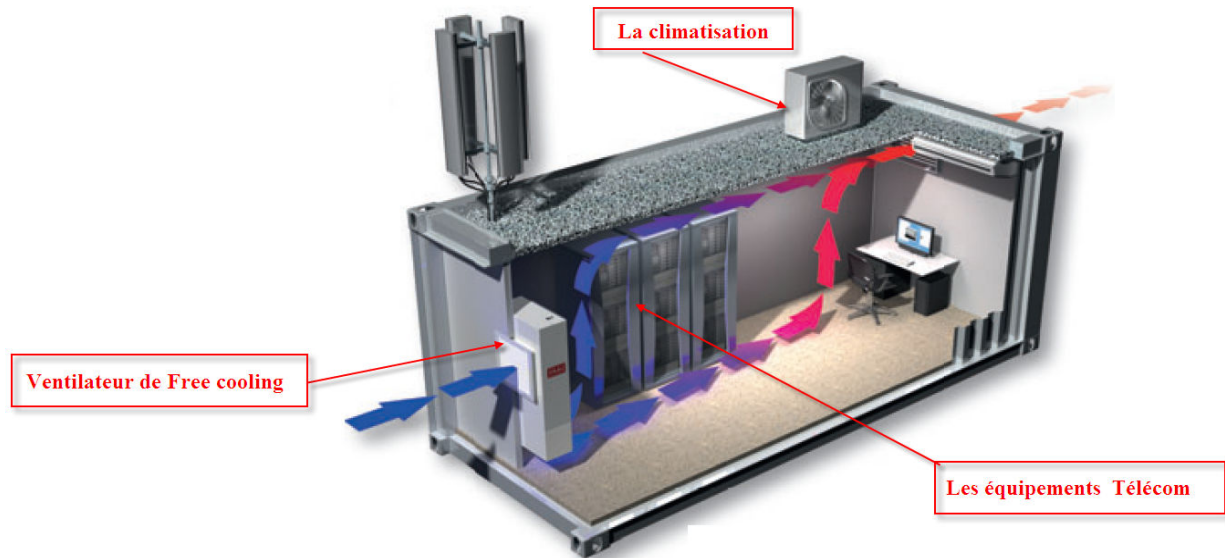


Figure I:1.Le système Free Cooling[2]

Si on choisit un caisson de ventilation (DAQS model F600) qui donne un débit d'air de 3700m³/h, de puissance égal à 700 W

On peut économiser jusqu'à 96% de la puissance, dans le cas de fonctionnement en Free Cooling.

II. Le système de gestion de refroidissement :

Le système de gestion permet le choix entre la climatisation de précision et le Free Cooling, ce choix est réalisé selon les conditions de température à l'intérieure et à l'extérieur de la salle d'énergie, ainsi que dans le cas de présence d'une anomalie.

Nous avons proposé comme cerveau de gestion, l'automate programmable Siemens S7 314 C-2 DP, qui possède le nombre d'entrées et sorties nécessaires pour réaliser cette solution.

L'automate utilisé est extensible, donc l'ajouter de modules d'entrées et de sorties est possible si cela est nécessaire.

La gestion de refroidissement est supportée par une station HMI, qui supervise les événements du système et visualise les températures extérieure et intérieur à la salle.

III. Développement du projet :

Cette étape consiste à développer le projet de gestion de refroidissement, et de définir le cahier de charges afin de créer dans une première étape le programme en STEP7 et l'implémenter dans l'automate. La deuxième étape consiste à créer l'interface de supervision de ce système par Wincc flexible.

III.1. Définition du cahier de charge :

Ce cahier de charge décrit les conditions de la mise en marche du système, et les commandes nécessaires afin de réduire la consommation d'énergie électrique, par l'insertion du système de refroidissement gratuit(Free Cooling).

On peut le traduire comme suit :

- Déclenchement d'alarmes lorsque $T_{int} < 20^{\circ}\text{C}$.
- Déclenchement d'alarmes lorsque $T_{int} > 35^{\circ}\text{C}$
- Le climatiseur s'arrête si : $T_{int} < 20^{\circ}\text{C}$ et le Free Cooling est en marche.
- Le système Free Cooling démarre et la climatisation s'arrête si toutes les conditions sont vérifiées :

Condition 1 : La température intérieure de la salle est supérieure de 10°C au minimum, à celle de l'extérieur. Plus cette différence est grande puis l'efficacité du Free Cooling est accrue.

On peut traduire cette condition par l'équation suivante :

Il faut que : $T_{int} > T_{ext} + 10^{\circ}\text{C}$.

Condition 2 : La température à l'intérieur de la salle est comprise entre les seuils de température. Ces derniers sont exigés pour assurer un environnement de fonctionnement optimal:

Donc $20^{\circ}\text{C} < T_{int} < 35^{\circ}\text{C}$

Condition 3 : Le système Free Cooling ne présente aucun défaut. Si c'est le cas la climatisation de précision ne doit pas être arrêtée.

III.2. Définition des entrées/sorties :

Dans cette partie nous définissons le type ainsi que le nombre des entrées/sorties nécessaire pour répondre aux exigences du cahier des charges. Donc on a défini :

- Deux (02) entrées analogiques, pour les mesures des températures intérieure et extérieure.
- Une (01) entrée digitale, pour le défaut générale du système Free Cooling.
- Deux (02) sorties digitales, pour le démarrage du Free Cooling et l'arrêt de la climatisation.

III.3. Création du projet Step7 :

Après le choix du langage de programmation qui est le CONT.L'écriture du programme du projet nécessite la configuration du matériel ainsi que la déclaration des variables du système :

Le langage à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique, la syntaxe de ses instructions fait penser aux schémas des circuits électriques. Le CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines [3].

III.3.1. Configuration du matériel :

Dans la station S7-300 nous configurons le matériel utilisés :

- On choisit la CPU « 314 C 2-DP ».

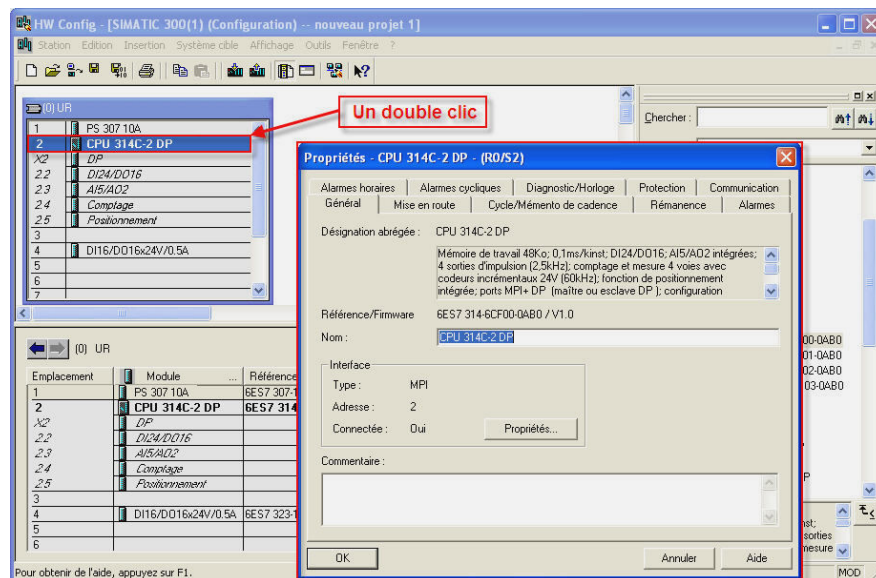


Figure I.2. Configuration de la CPU

- Configurant un module d'alimentation : **PS 405 10 A**

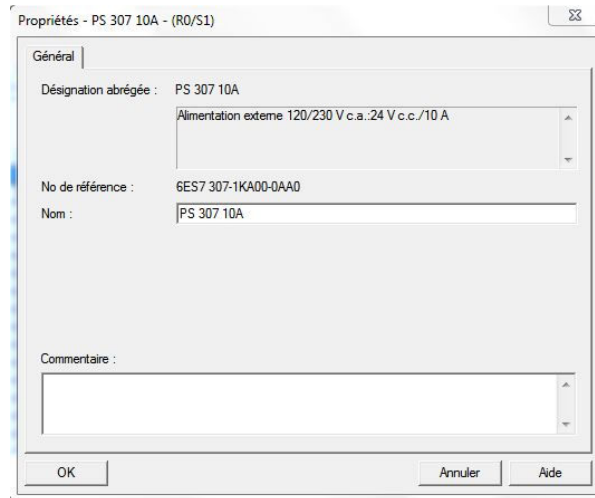


Figure I:3. Configuration du module d'alimentation

- Module de communication : **MPI**.

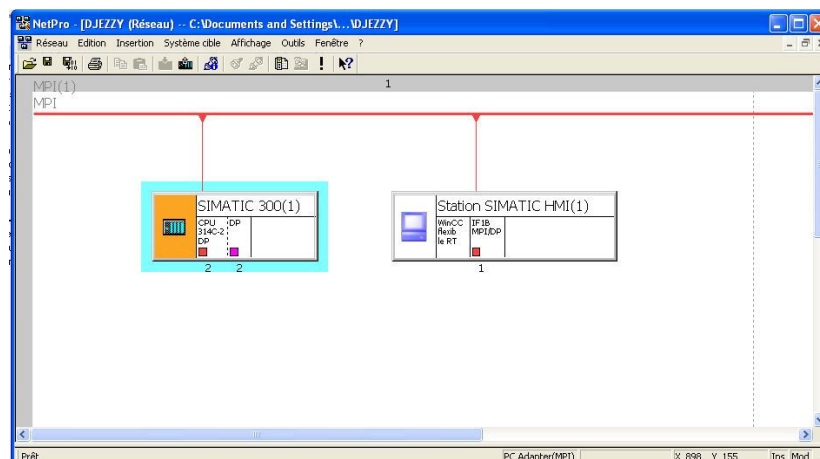


Figure I:4: Configuration de la liaison entre l'automate et la station HMI

- Modules entrées/sorties: l'automate S7- 314C-2 DP possède ses propre modules E/S digitales, qui sont réservées.

L'automate est de type modulaire donc on peut lui rajouter d'autres modules d'entrée(module analogique) de référence 6ES7 3031-7RD00-0AB0 celui-ci contient 4 entrées analogiques.[4]

Le module analogique choisit est configuré comme suite :

- Le type de mesure courant.
- La plage de mesure est entre 0 et 20 mA.

- La plage d'adressage est entre 304 et 311.

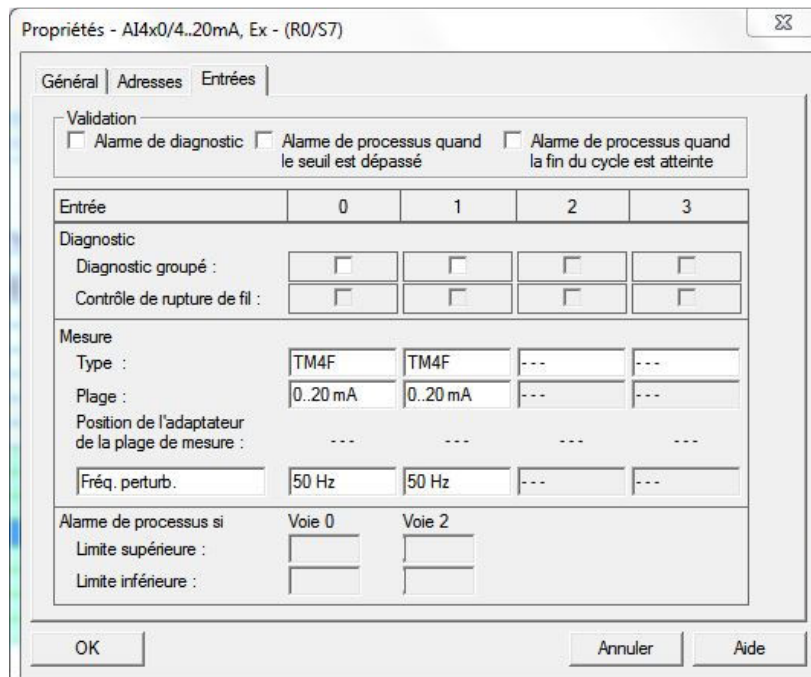


Figure I.5.Paramétrage des entrées analogiques

III.3.2. Définition des mnémoniques :

Les variables de notre projet sont déclarées dans le tableau ci-dessous :

Mnémonique	opérande	Type de variable	Commentaire
CAPTtempint	PEW 752	INT	Entrée analogique température de l'intérieur.
CAPTtempext	PEW 754	INT	Entrée analogique température de l'extérieur
Démarrage du free cooling	A 0.0	BOOL	Sortie démarrage free cooling
ARRET climatisation	A 0.1	BOOL	défaut climatisation (salle d'énergie)
SCALE	FC 105	FC 105	Fonction de la mise à l'échelle analogique
Comparaison 1	M 0.0	BOOL	Mémorisation de la comparaison entre T_{int} et $T_{ext} + 10^{\circ}C$.
Comparaison 2	M 0.1	BOOL	Mémorisation de la comparaison entre T_{int} et le seuil $20^{\circ}C$
Comparaison 3	M 0.2	BOOL	Mémorisation de la comparaison entre T_{int} et le

				seuil 35 C°
défaut free cooling	M	0.4	BOOL	Mémorisation du défaut de free cooling
a1	M	10.0	BOOL	Mémoire utilise pour Mise à l'échelle (unipolaire)
a2	M	10.1	BOOL	Mémoire utilise pour Mise à l'échelle (unipolaire)
TEMPERATURE Interieur	MD	20	REAL	Valeur réelle de la température interne T _{int} .
TEMPERATURE Extérieur	MD	24	REAL	Valeur réelle de la température externe T _{ext} .
Val T ext+10	MD	28	REAL	Valeur réelle (T _{ext} +10°C)

Tableau 1 :Les mnémoniques déclarées du projet.

III.3.3 Ecriture du programme:

Dans cette partie nous décrivons le traitement du programme dans le STEP7 :

a. Traitement des entrées :

Les entrées utilisées sont de types analogiques, elles sont utilisées pour la récupération des mesures des capteurs de températures intérieure et extérieure.

Pour avoir la valeur réelle des mesures nous avons utilisé la fonction (SCALE FC105) de la mise à l'échelle, puis nous avons mémorisé la valeur réelle dans une mémoire double mot MD.

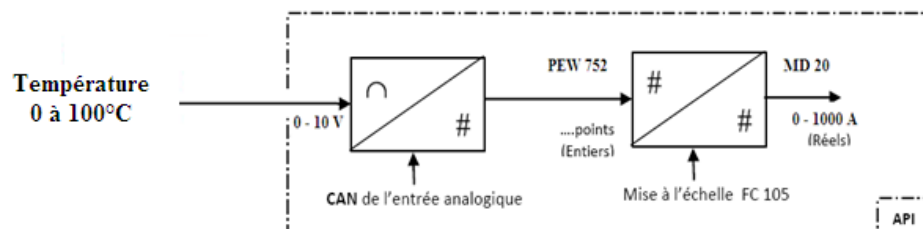


Figure I6.Traitement des entrées analogiques dans l'automate.

- La conversion de la lecture d'entrée (Température intérieure) de l'entier vers Word et la mise à l'échelle de cette valeur pour avoir la température intérieure réelle :

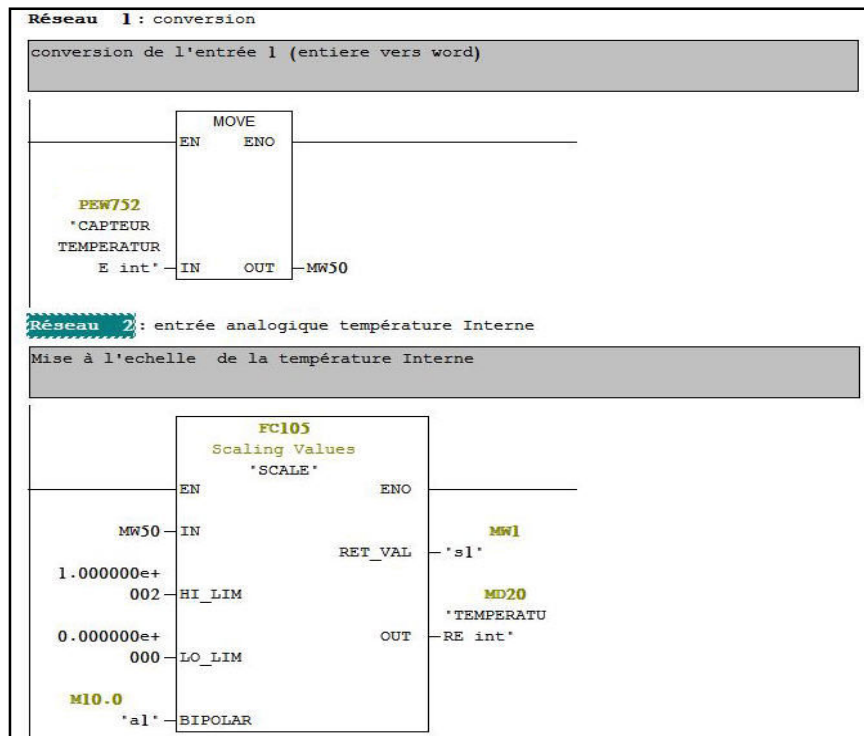


Figure I:7.La mise à l'échelle de la température interne.

- La conversion de la lecture d'entrée (Température extérieure) de l'entier vers Word et la mise à l'échelle de cette valeur pour avoir la température extérieure réelle :

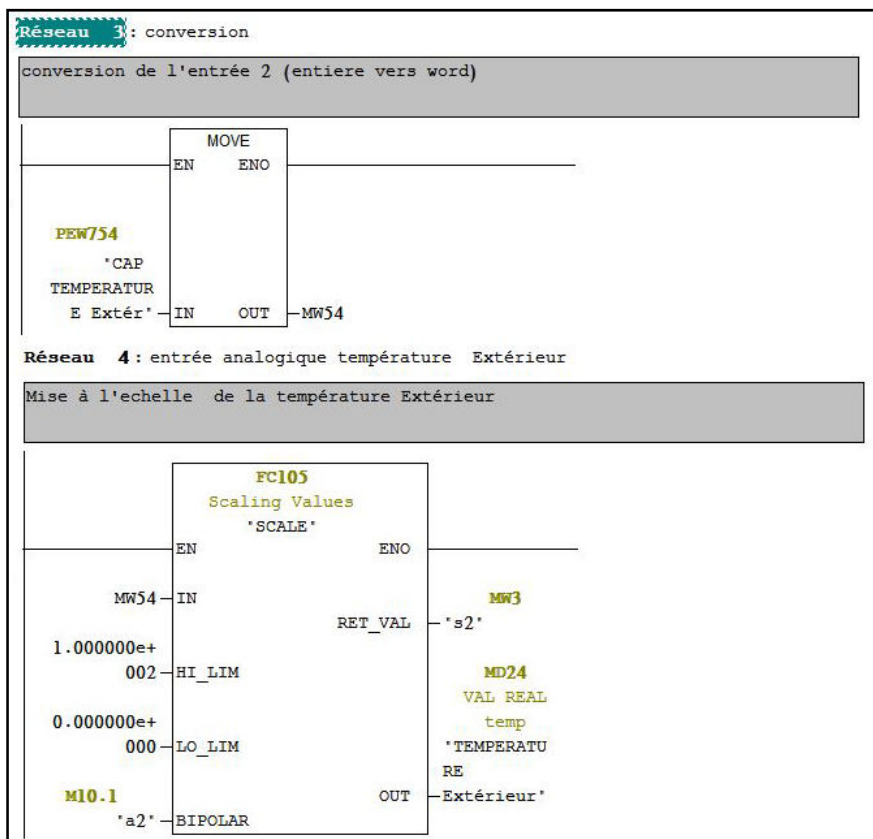


Figure I:8.La mise à l'échelle de la température externe.

b. Traitement de la première condition de démarrage du Free Cooling et de l'arrêt des climatiseurs :

La condition est : $T_{int} > T_{ext} + 10^{\circ}\text{C}$

Dans la programmation de cette condition, nous utilisons un opérateur de comparaison entre les valeurs des températures (intérieure, extérieure +10°C), puis on mémorise le résultat dans une mémoire (M 0.0), celle-ci est mise à 1 si la condition de la comparaison est remplis.

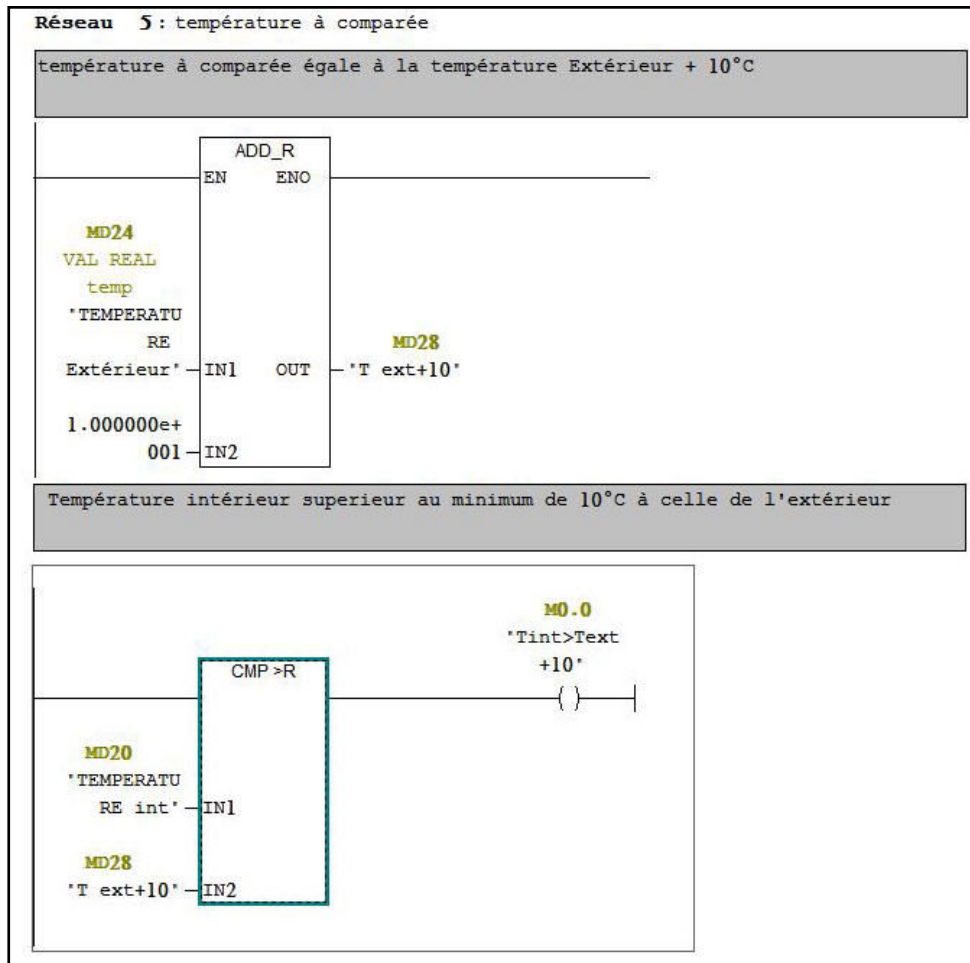


Figure I:9.Programmation de la première condition

c. Traitement de la deuxième condition de démarrage du Free Cooling et de l'arrêt des climatiseurs :

Après la récupération de la température de l'intérieure, on compare celle-ci par rapport aux seuils réels.

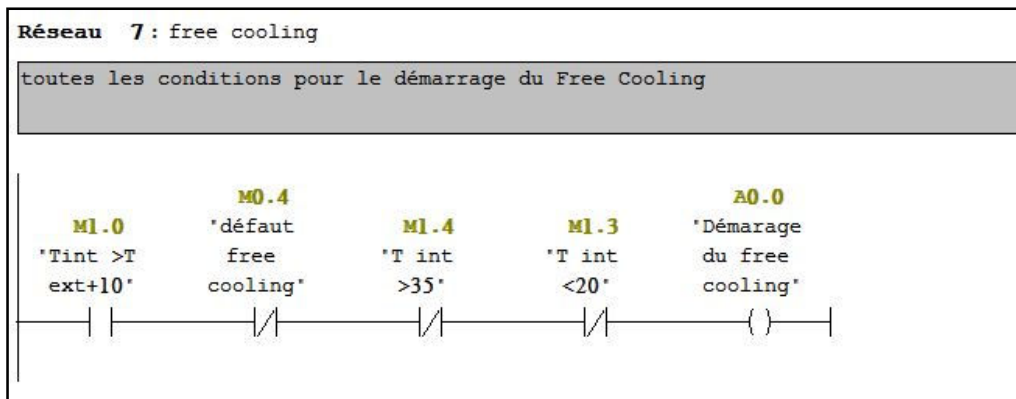


Figure I:12.Commande de démarrage du free cooling

• **L'arrêt des climatiseurs :**

L'arrêt des climatiseurs dépend de deux conditions :

- Soit le démarrage du Free Cooling.
- Soit la température intérieure de la salle d'énergie est inférieure à 20°C.

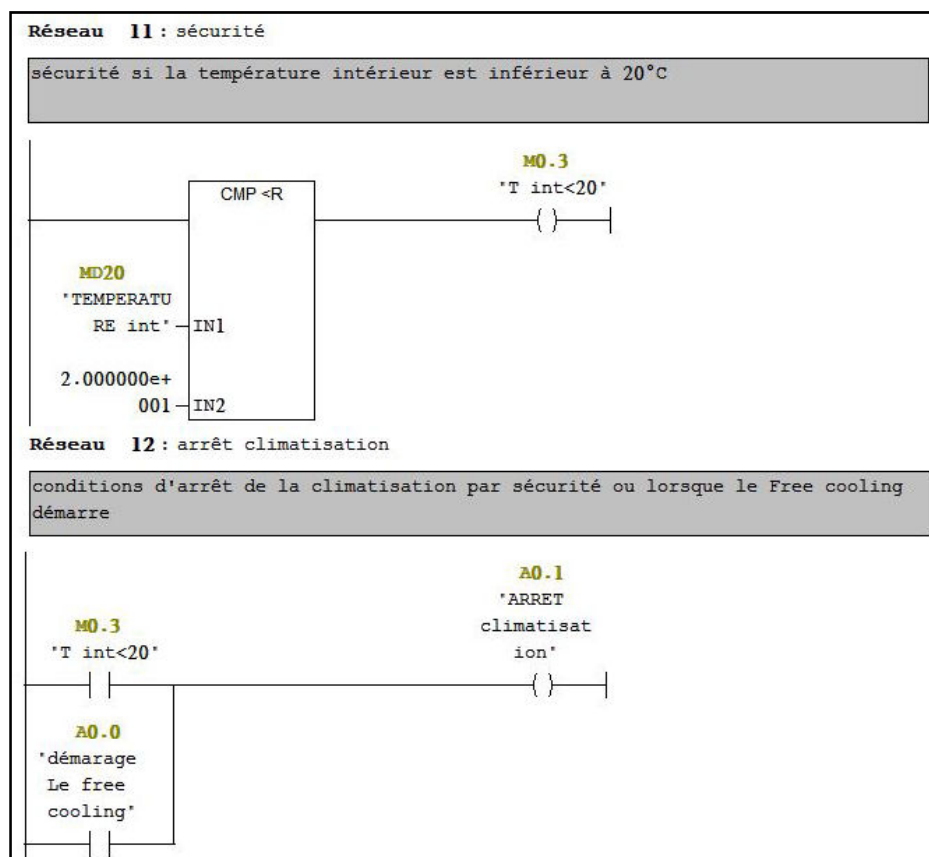


Figure I:13.Commande d'arrêt des climatiseurs.

Création de l'interface homme machine HMI du projet par WinCC flexible :

Dans cette partie nous avons créé une interface graphique, depuis laquelle s'effectue la supervision du système de gestion de refroidissement. Nous décrivons les étapes de la création de l'interface graphique HMI par le WinCC flexible:

- Intégration de la station HMI dans le Projet STEP 7 : [5]

Les variables du processus représentent la liaison entre le système d'automatisation et le système HMI. Sans l'utilisation de l'étape d'intégration du projet WinCC, nous devrions définir chaque variable à deux reprises : une fois pour le système d'automatisation et une fois pour le système HMI.

- Création de la liaison entre le projet HMI et l'API :

La communication entre les pupitres opérateur et les automates SIMATIC S7 peut être réalisée via MPI (Multi point Interface).

- Définition des variables :

La déclaration des variables s'effectue dans l'éditeur "Variables", ce dernier nous permet d'adapter cette configuration aux besoins de notre projet; L'éditeur s'ouvre systématiquement par ajout de variable.

III.4. Création de la vue de supervision :

Notre projet de supervision est représenté dans une vue qui englobe toutes les informations nécessaires pour le contrôle du système.

Les objets de l'éditeur 'vue' sont des éléments graphiques, qui permettent de configurer la présentation de la vue de notre système:

- L'affichage des valeurs de température intérieure et extérieure en temps réel dans des " Bargraphe" et leurs valeurs dans un champ de sorties.
- L'indication du système qui en marche (climatiseurs, Free Cooling), par le changement de couleur des voyants.
- L'affichage des alarmes qui sont présentes dans le système. Le texte d'alarmes apparaît dans le cas où le défaut survient.

III.5. Simulation du projet sur STEP et WinCC flexible :

Dans le STEP7 on démarrant l'application S7-PLCSIM, on procède à la création de nouvelles fenêtres afin de visualiser les informations provenant de l'automate programmable de simulation. Pour créer les diverses fenêtres, on procède comme suite :

1- Créer une fenêtre permettant de modifier l'état des entrées intervenant dans le programme.

- Choisir la commande « insertion entrée ».

2- Créer une fenêtre permettant de modifier l'état des sorties intervenant dans le programme.

- Choisir la commande « insertion sortie ».

Ensuite on lance le simulateur "Runtime" qui permet de superviser notre système et de visualiser l'évolution en mode graphique.

Donc le lancement des deux simulateurs permet de forcer les entrées dans le PLCSIM, et de visualiser l'état du système de refroidissement en runtime.

Nous avons simuler tous les états possibles à avoir lors du fonctionnement de notre programme en milieu industrielle :

- Cas 1 : La température intérieure Inférieure au seuil minimum. Les deux systèmes sont à l'arrêt, car les conditions pour le démarrage des climatiseurs et du Free Cooling ne sont pas vérifiées.

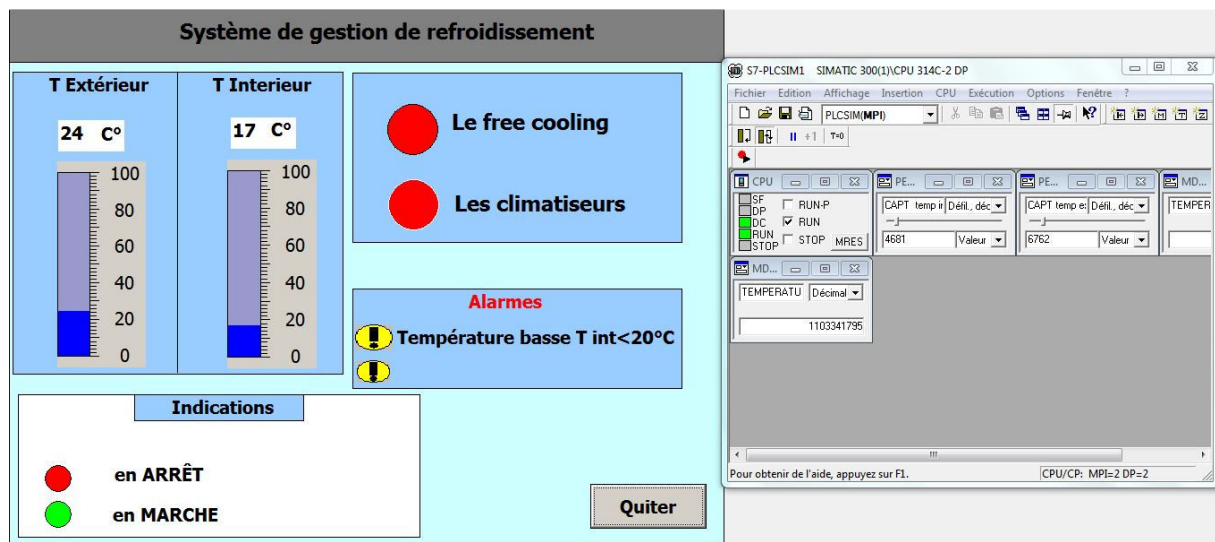


Figure I:14.Simulation pour $T_{ext}=24^{\circ}C$ $T_{int}=17^{\circ}C$.

- Cas 2 : les conditions sur la température intérieure sont vérifiées. Alors que celles sur la température extérieure ne le sont pas. Le refroidissement fonctionne, et il est assuré par les climatiseurs de précision.

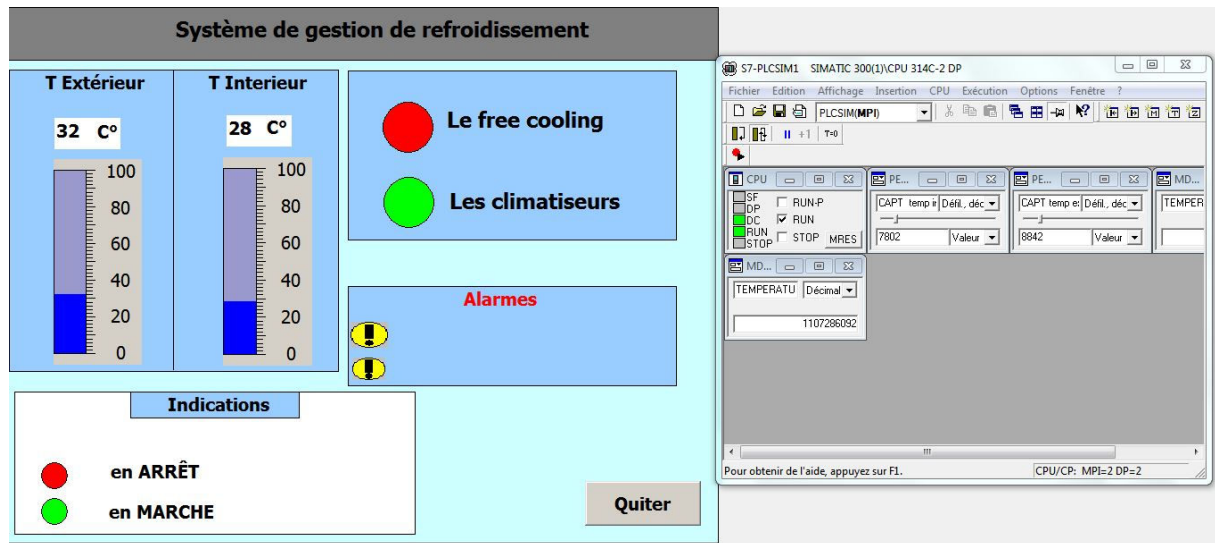


Figure I:15.Simulation pour $T_{ext}=32^{\circ}\text{C}$ $T_{int}=28^{\circ}\text{C}$.

- Cas 3 : les conditions sur la température intérieure et extérieure sont vérifiées. Le refroidissement fonctionne, et il est assuré par le système de Free Cooling.

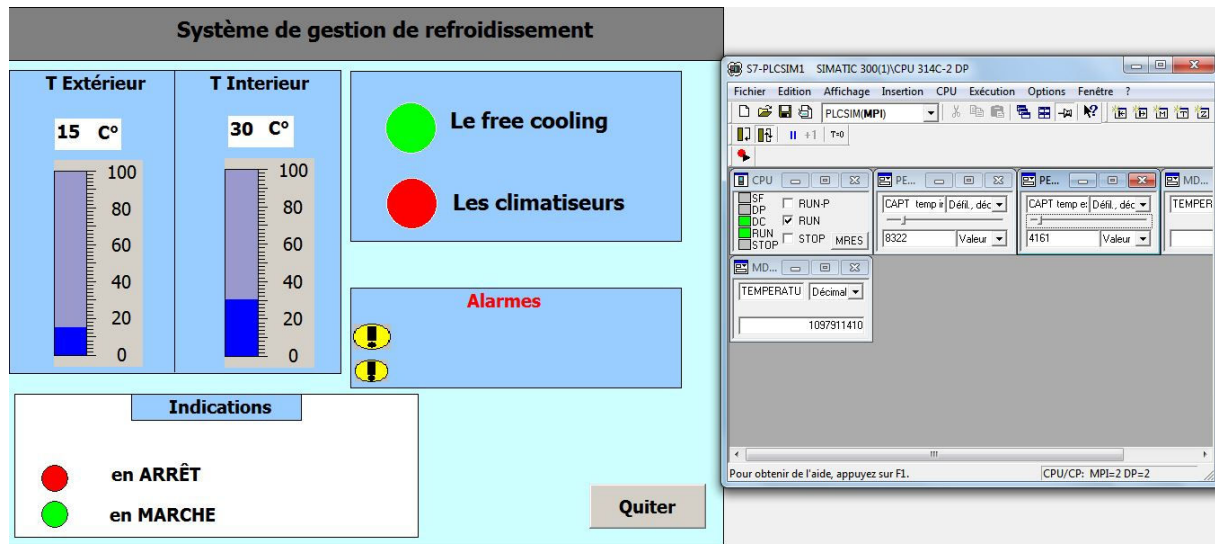


Figure I:16.Simulation pour $T_{ext}=15^{\circ}\text{C}$ $T_{int}=30^{\circ}\text{C}$.

III.6. Le capteur de température proposé :

Il existe plusieurs types de capteurs de température, les plus utilisés dans le domaine de l'industrie sont :

- Thermomètre à résistance métallique
- Thermomètre à thermistance
- Thermomètre à thermocouple

Les critères de choix du type :

- La sensibilité de la mesure.
- La plage de variation 15 à 60°C ou le capteur doit être le plus efficace.
- Le temps de réponse réduit (temps réel).

Le Thermomètre à thermistance est celui qui répond le mieux à ces critères, ces caractéristiques sont les mieux adaptées à l'environnement du projet.[6] :

- Sensibilité jusqu'à l'ordre de 0,01°C.
- Plage de variation de température entre -110°C et 250°C.
- Temps de réponse relativement court par rapport à l'autre thermomètre.
- Adaptable pour la mesure des températures avec ou sans contact.
- Imprécision inférieure à 0,1°C.

Finalement, Le modèle du capteur proposé est une sonde de température d'ambiance TB/TS à thermistance, qui mesure la température ambiante dans les locaux secs.



Figure I:17:Sonde de température TB/TS à thermistance [7]

Conclusion :

Notre travail entre dans le cadre des améliorations qui peuvent être apportés, afin d'avoir une gestion plus intelligente qui permettra d'économiser sur la consommation énergétique des moyens de protection sans pour autant atténué leur efficacité.

L'élaboration de notre système prend en compte plusieurs paramètres. Ceux-ci permettent d'assurer le même rôle que celui des équipement déjà présent, tout en réduisant la consommation énergétique.

La simulation de notre projet nous a permis de valider notre programme et de vérifié sa faisabilité. Toutefois une étude énergétique de l'environnement auquel est destiné notre application sera un atout majeur qui permettra de réaliser de meilleurs résultats.

Bibliographie :

[1] Bernard Boucherin , " Free-cooling au LPSC " , 38000 Grenoble
boucherin@lpsc.in2p3.fr

[2] STULZ , "Free-air The provenenergy-saving solution for telecommunications infrastructure", 2008.

[3] Langages de programmation pour systèmes automatisés : norme CEI 61131-3.

[4] SIMATIC "Caractéristiques techniques Manuel" référencée « 6ES7398-8FA10-8CA0 »

[5] : SAHAR Belkacem Amine, SOUCHANE Amine, "Commande et supervision de la station FESTO PCS COMPACT a l'aide de STEP7 et WinCC", ENP, Alger 2009

[6] : GASTON J.Beaudoin, "Instrumentation et automation", n : 2-89443- 003- 5, 1994.

[7] : Capteur de température ambiante Thermistance Fiche technique TA200603 Issue 1/E, 2004