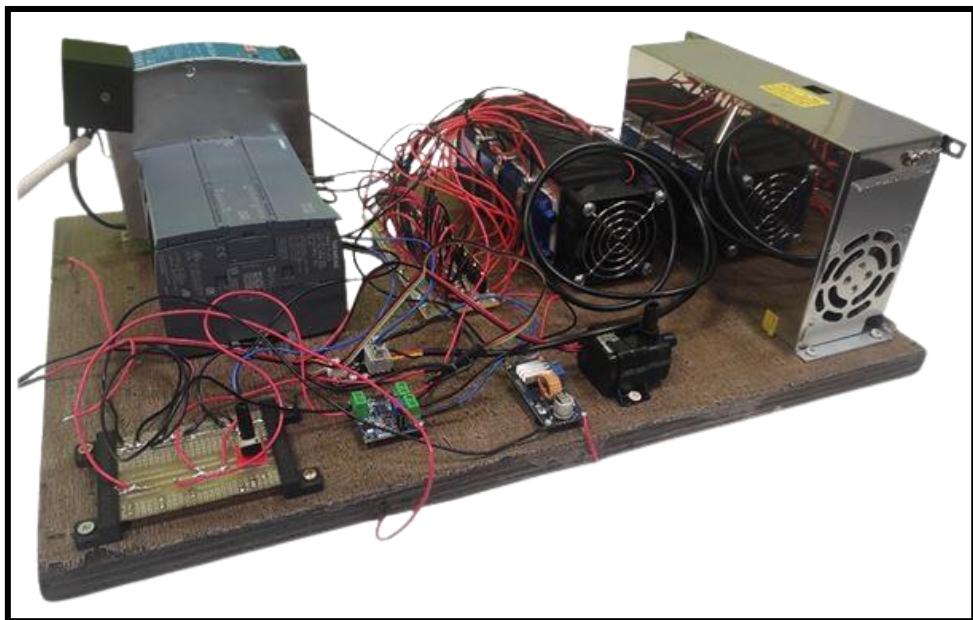


Rapport PTUT CAVE À VIN

2024-2025



Étudiants sur le projet :

- Clément Noël
- Jordan Cabanieu
- Romain Castanheira

Responsable de projet :

- Jocelyn Sabatier

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	2
Introduction	3
- Contexte et but du projet :.....	3
- Cahier des charges et jalons :.....	3
Architecture générale	4
- Schéma bloc du système :	4
- Rôle de chaque sous parties :.....	4
Sous système détaillée	7
- Acquisition de la température	7
o Sonde PT1000	7
o Module entrée analogique	12
o Module de commande de sortie digital	13
- Régulation thermique (matériel)	14
o Plaque MOSFET	14
o Module Peltier	16
o Régulation thermique (logiciel)	17
Synthèse.....	20
Annexe	21

Introduction

- Contexte et but du projet :

Ce système est conçu pour répondre aux besoins de régulation d'une enceinte thermique d'une cave à vin. Le projet vise à élaborer un système automatique permettant de réguler la température à l'intérieur de la cave en fonction d'une consigne.

- Cahier des charges et jalons :

Le cahier des charges technique détermine les exigences essentielles pour le développement de la cave à vin, notamment en termes de fonctionnalités techniques telles que :

- Cahier des charges :

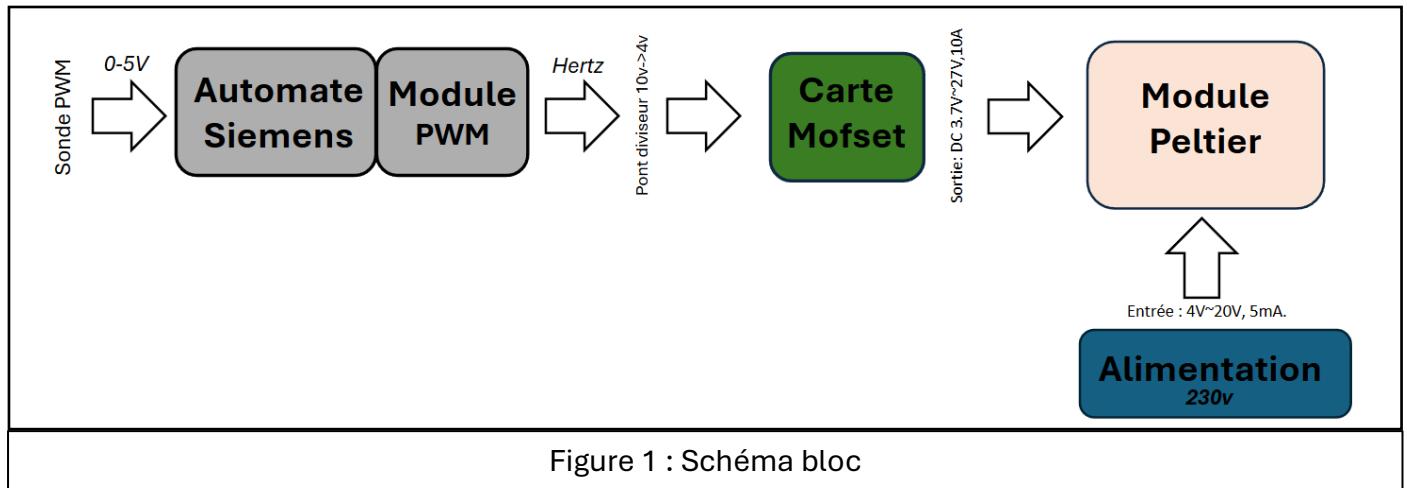
Reference Exigence	Commentaire
Asservissement	La stabilisation de la température dans l'enceinte climatique jusqu'à une valeur fixe (jusqu'à 5°C), malgré les fluctuations de température extérieure.
Humidité	La maintenance de l'humidité à 70%, en accord avec les normes techniques concernant la conservation du vin
Programmation	La possibilité de changer les valeurs de consigne manuellement via l'automate siemens
Document	En fin de projet et de jalon, distribution d'un contre rendu et l'accès/ partage au dossier de travail.

- Jalon :

Date	Commentaire
Fin semestre S3 2024	Mise à jour de la maquette sur l'existant, remplacer le système MOF SET, mettre à jour le programme TIA PORTAL.
Fin semestre S4 2025	Introduire 2 nouvelles sondes PT1000, debugger le PID, Transférer la platine de test dans la nouvelle armoire.

Architecture générale

- Schéma bloc du système :



- Rôle de chaque sous parties :

- Automate Siemens, référence : 6ES7215-1BG40-0XB0
 - Permet l'asservissement de la gestion de température sur le système
- Module PWM, référence : 6ES7231-5PD32-0XB0
 - Carte d'extension d'entrée analogique pour l'API
- Module de sortie, référence : 6ES7222-1BD30-0XB0
 - Carte d'extension de sortie analogique pour l'API
- Carte Mofset, carte basée sur le module FET F5305S.
 - Permet d'augmenter l'intensité de sortie du module PWM, permettant ainsi de commander les modules Peltier.
- Alimentation
 - Fournit la tension nécessaire pour les modules Peltier.

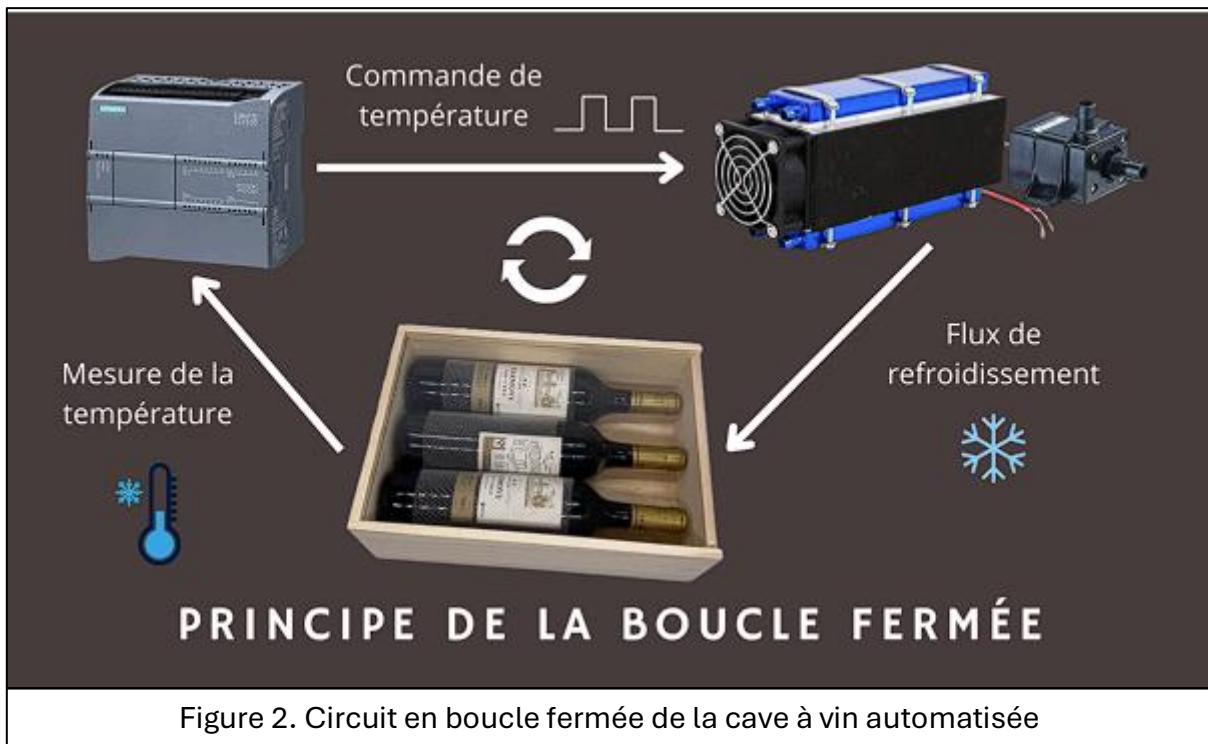


Figure 2. Circuit en boucle fermée de la cave à vin automatisée

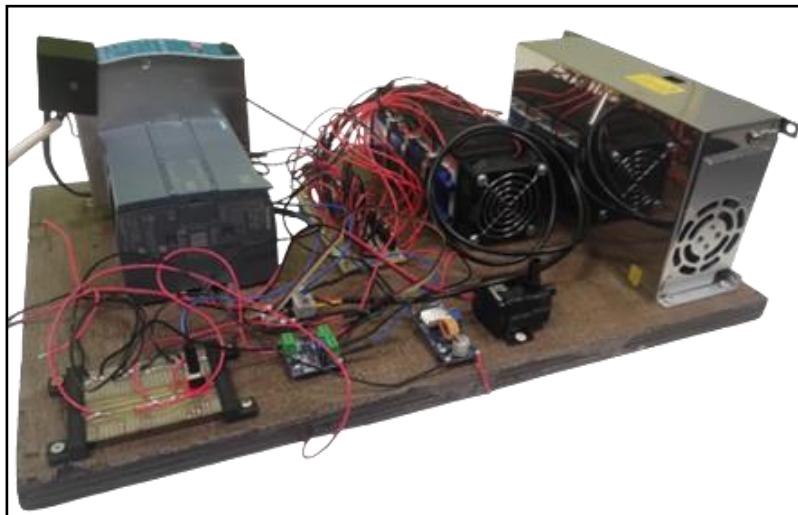


Figure 3 : Précédente maquette d'asservissement récupérée pour la cave à vin

La maquette a ensuite été entièrement démontée afin de repartir sur de nouvelles bases.

Précédemment, ils envoyoyaient une commande de courant de 0 à 20 mA à un convertisseur PWM. Cela n'étant pas conforme aux cahiers des charges, nous avons ajouté le module 6ES7222-1BD30-0XB0 qui permet de générer des signaux PWM par les demandes de commande du programme de l'automate.

Sous système détaillée

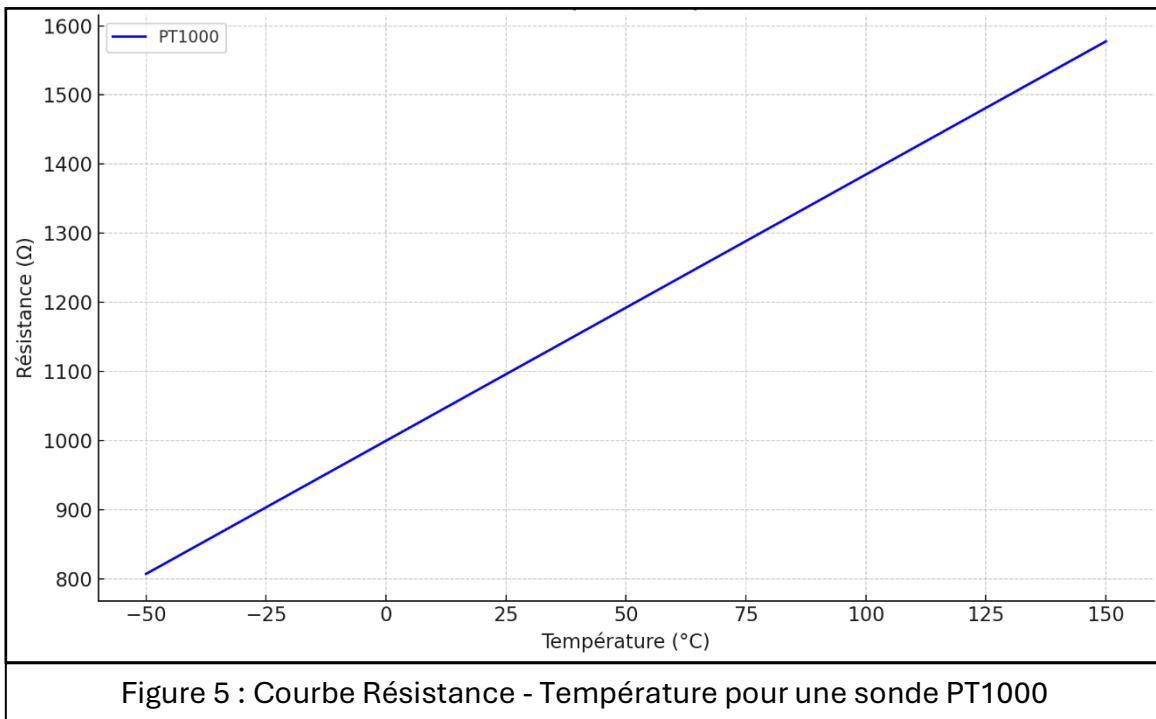
- Acquisition de la température
 - o Sonde PT1000

Pour mesurer la température, nous utilisons des sondes PT1000. Ces sondes sont idéales pour notre application. En utilisant ces sondes, nous nous assurons de récupérer les valeurs de températures de notre système.



Figure 4 : Sonde PT1000

La sonde PT1000 est un capteur de température à résistance. Elle fonctionne grâce aux propriétés du platine, un matériau dont la résistance électrique varie de manière stable avec la température. Le nom "PT1000" signifie que la résistance de la sonde est de 1000 ohms à 0°C. Sur la figure ci-dessous, vous pourrez observer que la valeur de la sonde varie linéairement.



Dans notre projet, nous utilisons des sondes PT1000 câblées en 2 fils. Cependant, notre module d'entrée est conçu avec un fonctionnement optimal pour des sondes 3 fils, ce qui permet normalement de compenser les résistances parasites des câbles.

Pour permettre l'utilisation des sondes 2 fils avec ce module, nous avons réalisé un pontage électrique entre deux bornes, voici le principe du pontage :

- Le fil 1 de la sonde est connecté sur la borne I+ (courant d'excitation).
- Le fil 2 est connecté sur la borne I- (retour de mesure).
- Un pontage est effectué entre I+ et M (ou entre I- et M selon les modules).

Ainsi, le module croit qu'il a trois fils : deux pour la mesure et un pour la compensation, mais en réalité il utilise deux fils et une connexion interne.

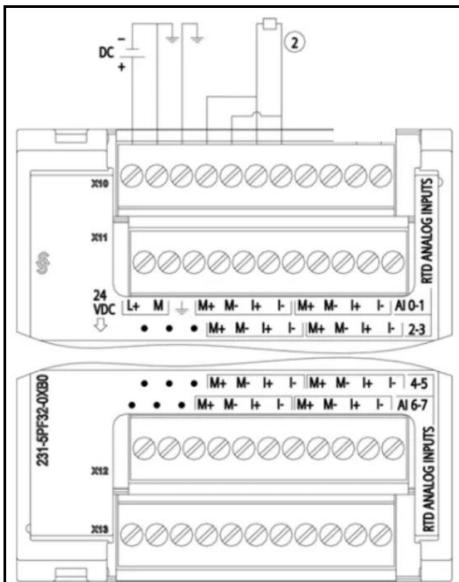


Figure 6 : Schéma de câble des sondes PT1000

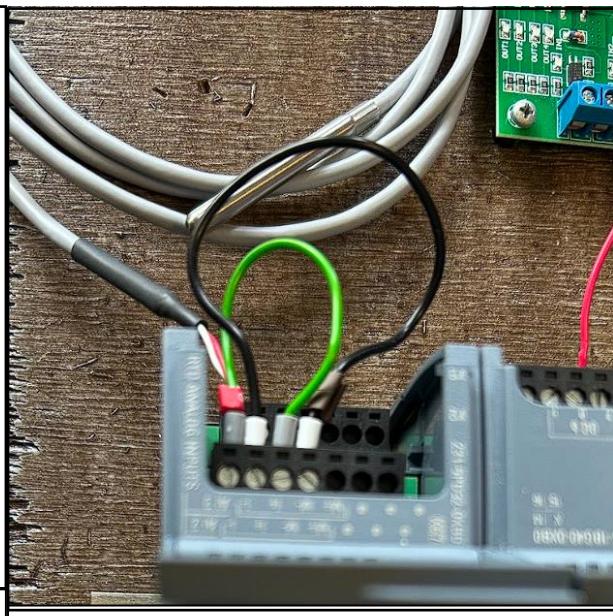


Figure 7 : Câblage sonde sur le module

Nous avons déclaré les variables suivantes pour notre programme :

1. Entrées (Inputs) :

- %IW96 : Cette variable est une entrée numérique liée à "PT1000_1". Elle reçoit des données provenant de la première sonde PT1000.
- %IW98 : Cette variable est une entrée numérique liée à "PT1000_2". Elle reçoit des données provenant de la deuxième sonde PT1000.
- %IW100 : Cette variable est une entrée numérique liée à "PT1000_3". Elle reçoit des données provenant de la troisième sonde PT1000.

2. Sorties (Outputs) :

- %MD20 : Cette variable est une sortie numérique liée à "Temp_1". Elle envoie les données traitées à un dispositif de sortie.

PT1000_1	Word	%IW96	False	True	True	True		
PT1000_2	Word	%IW98	False	True	True	True		
PT1000_3	Word	%IW100	False	True	True	True		
Temp_1	Real	%MD20	False	True	True	True		

Figure 8 : Déclaration des entrées/sorties

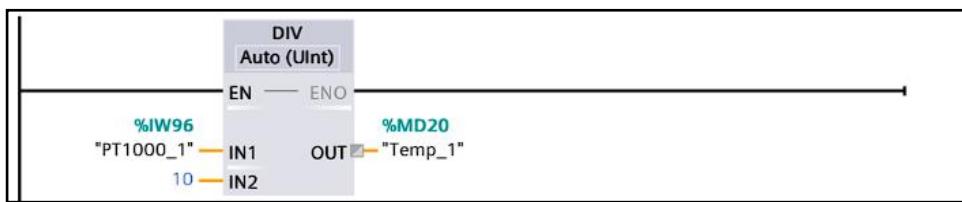


Figure 9 : Programme sondes PT1000

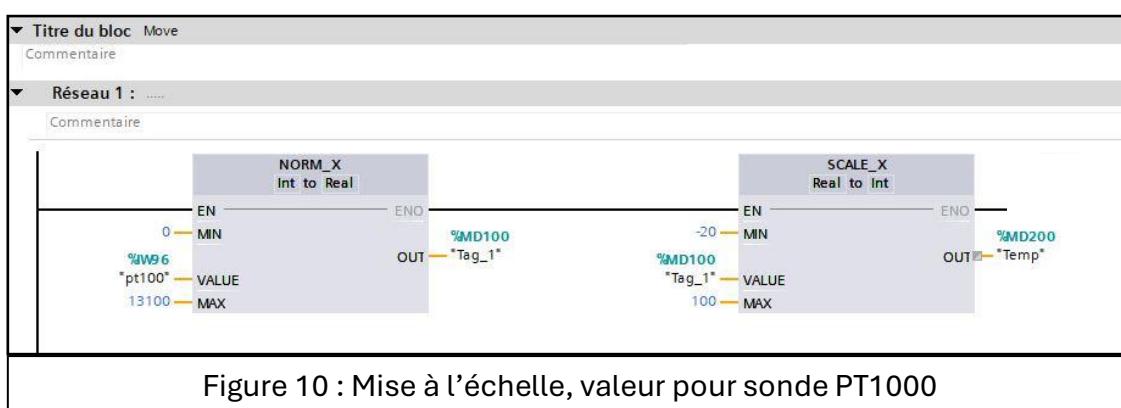
Ensuite, nous avons utilisé un bloc fonctionnel pour effectuer une opération de division :

- DIV (Division) : Ce bloc prend deux entrées :
 - IN1 : La première entrée, qui est connectée à %IW96 (PT1000_1).
 - IN2 : La deuxième entrée, qui est une constante (10).

L'entrée 1 est divisée par l'entrée IN2 puis stocké dans la variable de sortie %MD20 (Temp_1).

Ce programme nous permet donc d'acquérir la valeur de l'une des 3 sondes PT1000 et de lire la température en temps réel avec une bonne précision. Nous avons programmé de la même manière, avec différentes variables, pour les 2 autres sondes.

On a également été mené à faire une conversion puis une mise à l'échelle afin d'obtenir la valeur en décimale.



Le bloc **NORM_X** permet de normaliser une valeur entière (INT) vers une valeur réelle (REAL) comprise entre 0.0 et 1.0. Cela convertit une valeur brute (Sonde PT1000) en pourcentage ou fraction.

La formule utilisée pour ce bloc est la suivante : **NORM** = (Valeur - Min) / (Max - Min).

Cela permet de préparer une valeur pour la traiter plus facilement, avant de l'utiliser avec le bloc **SCALE**. Ici, on la normalise en une valeur en **Int** (Entier) à une valeur en **Real** (Réel).

La valeur d'entrée est %IW6 : c'est l'entrée analogique où est branchée la sonde PT1000.

La valeur minimale MIN = 0, et la valeur maximale MAX = 13100, il s'agit de la plage brute attendue par la carte analogique pour cette sonde

Par exemple :

- Si on a la valeur 0, cela correspond à -20°C
- Si on a la valeur 13100 cela correspond à 100°C.

La sortie %MD100 (nommée "Tag_1") contient une valeur normalisée entre 0.0 et 1.0. Ce bloc transforme la valeur analogique brute lue depuis la sonde en **un pourcentage de la plage de température**.

Élément	Fonction	Exemple
%IW6	Entrée analogique	6550
NORM_X	Normalise en 0-1	0.5
SCALE_X	Convertit en °C	40.0°C
%MD200	Température réelle (en float)	40.0

Figure 11 : Conversion d'une entrée analogique PT1000 en température réelle

Le bloc **SCALE_X** fait l'inverse de **NORM_X** : il convertit une valeur réelle normalisée (de 0.0 à 1.0) vers une nouvelle échelle définie (entier).

La valeur nommée "VALUE" = %MD100, il s'agit de la valeur normalisée venant du bloc **NORM_X**.

La valeur minimale **MIN = -20°C**, et la valeur maximale **MAX = 100°C** cela représente la plage de température réelle (en °C) correspondant à la sonde.

La sortie %MD200 (nommée "**Temp**") contient la température réelle calculée. Le bloc **SCALE_X** convertit le pourcentage obtenu en température réelle en degrés Celsius (°C), en tenant compte de la plage -20°C à 100°C.

Étape	Bloc utilisé	Description	Exemple
1	NORM_X	Convertit la valeur brute de %IW6 en réel entre 0.0 et 1.0	6550 → 0.5
2	SCALE_X	Convertit cette valeur normalisée en température réelle	0.5 → 40°C
3	Résultat	La température (°C) est dans %MD200	Temp = 40

Figure 12 : Traitement de la valeur d'une sonde PT1000 - Étapes de conversion

- Module entrée analogique

Dans notre projet, nous avons utilisé un automate Siemens S7-1200, référence 6ES7 215-1BG40-0XB0, qui possède une CPU avec des entrées/sorties numériques et analogiques de base. Cependant, ce modèle ne dispose pas en natif d'entrées compatibles avec les sondes de température de type RTD telles que les PT1000, que nous avons utilisées pour mesurer la température dans notre système.

Pour cette raison, il a été nécessaire d'ajouter un module complémentaire d'entrée analogique RTD, référence 6ES7 231-5PD32-0XB0 qui est compatible avec les sondes PT1000 (voir annexe pour la datasheet)



Bien que le module 6ES7 231-5PD32-0XB0 soit techniquement capable de lire une sonde RTD en configuration 2 fils, son fonctionnement optimal repose sur le câblage en 3 fils. Voici pourquoi on ajoute un pontage même si le module accepte le 2 fils :

Lorsque la sonde est branchée en 2 fils sans pontage, le module mesure la résistance totale du capteur et la résistance des deux fils de liaison. Cela introduit une erreur systématique dans la mesure, surtout si :

- Les câbles sont longs,
- La température ambiante varie (car elle fait aussi varier la résistance des fils).

La résistance des fils se superpose à celle de la sonde, ce qui fausse la température mesurée. Sur TIA Portal, si on le configure ce mode est moins précis et ne bénéficie pas de la compensation automatique. Le pontage nous permet donc d'utiliser le mode 3 fils qui est plus fiable.

- Module de commande de sortie digital

Le module de sortie de référence 6ES7222-1BD30-0XB0 sert à commander des actionneurs (modules Peltier) en tout ou rien (TOR) à partir de l'automate Siemens S7-1200 en 24v DC

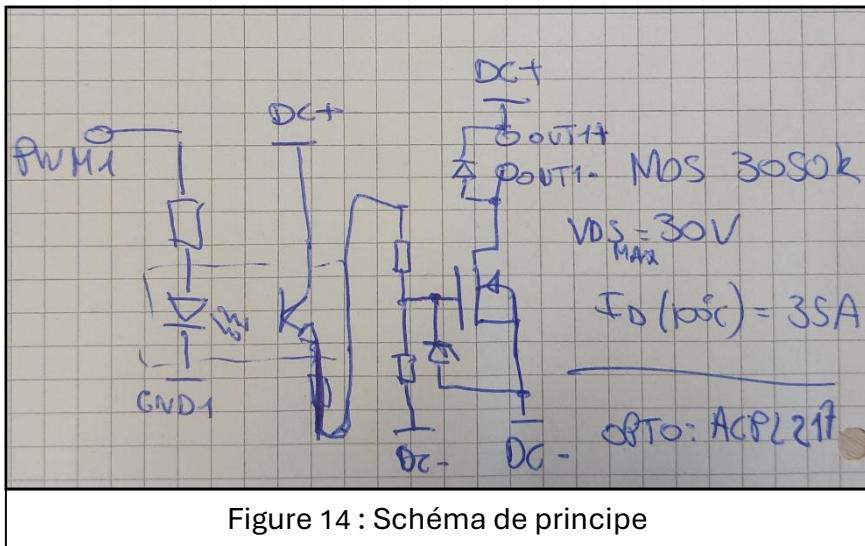


- Régulation thermique (matériel)
 - o Plaque MOSFET

La carte MOSFET permet de contrôler la puissance envoyée à un dispositif, comme un module Peltier, en agissant comme un interrupteur commandé électroniquement. Le MOSFET (transistor à effet de champ) est activé par un signal de commande provenant de l'automate. En fonction de ce signal, il laisse passer plus ou moins de courant vers la charge. Cela permet un pilotage précis, notamment en modulation PWM, pour ajuster la puissance sans perte d'énergie importante.



Figure 13 : Carte MOSFET



La figure x, dessin du circuit de commande du MOSFET (type de Transistor).

- PWM1 : Entrée de modulation de largeur d'impulsion.
- DC+ et DC- : Indiquent les connexions d'alimentation en courant continu.
- OUT1+ et OUT1- : Représentent les bornes de sortie.
- MOS 3050R : Fait référence au MOSFET utilisé, avec les caractéristiques suivantes :
 - VDS = 30V Max : Tension d'entrée maximale
 - ID (100°C) = 35A : Courant d'entrée max de 35 ampères à 100 °C.

GND1 : Mise à la terre.

OPTO : ACPL217 : Optocoupleur, utilisé pour isoler Électriquement les parties du circuit.

Explication de fonctionnement : Lorsque le signal PWM est envoyé au circuit, il est transmis via l'optocoupleur au MOSFET. Le MOSFET agit comme un interrupteur, permettant ou empêchant le passage du courant vers la charge connectée. En modifiant la largeur des impulsions du signal PWM, on peut ajuster la puissance délivrée à la charge, ce qui permet de contrôler ensuite notre ventilateur de notre Peltier

- o Module Peltier

Dans notre projet d'automatisation de cave à vin, les modules Peltier sont intégrés au système de régulation thermique en complément d'un régulateur PID.

Ces modules thermoélectriques assurent à la fois le refroidissement et le chauffage en fonction du sens du courant appliqué. Chaque module est piloté via une carte de puissance MOSFET, qui fait l'interface entre l'automate Siemens et les modules Peltier. Cette carte permet de moduler la puissance transmise aux modules en fonction des consignes calculées dynamiquement par le régulateur PID.

Ce dispositif garantit une régulation fine et réactive de la température, essentielle à la bonne conservation du vin, en maintenant des conditions thermiques stables et adaptées.

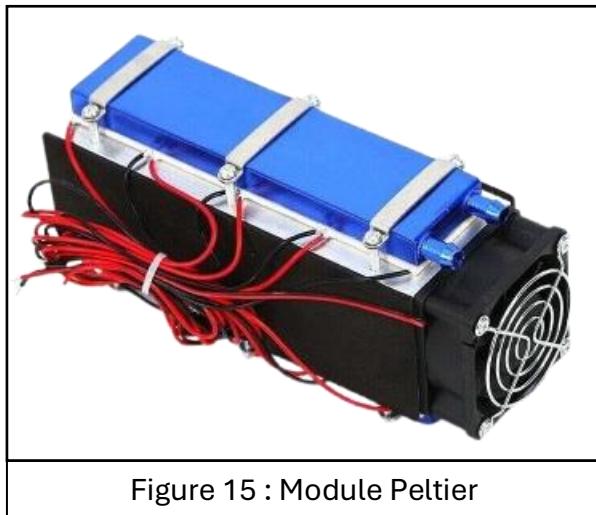
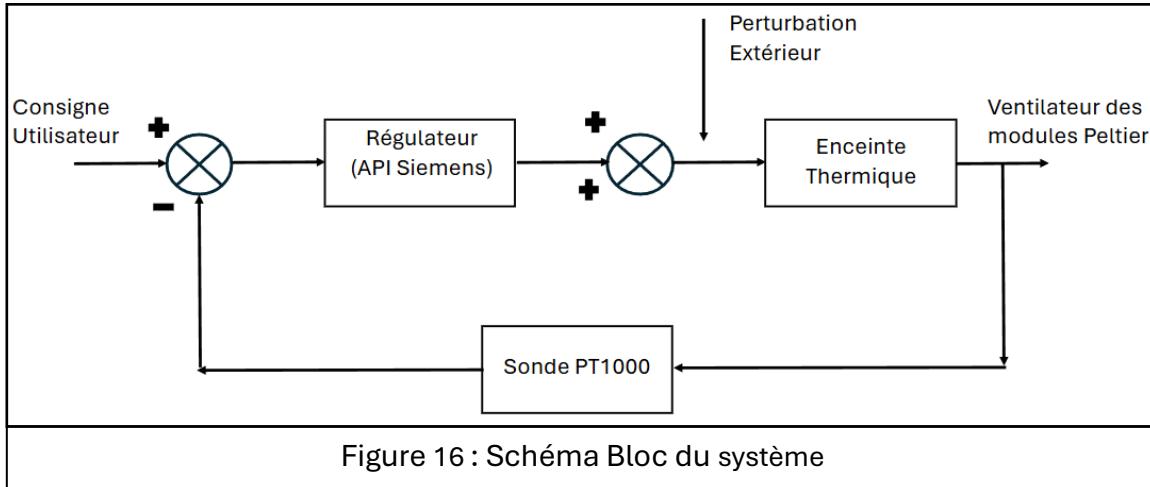


Figure 15 : Module Peltier

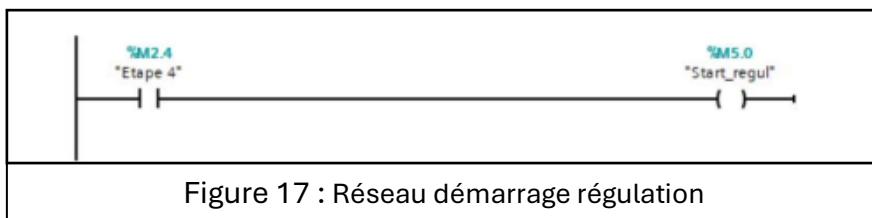
Dans le cadre de notre projet d'automatisation de cave à vin, les modules Peltier sont gérés via une régulation PID, mise en œuvre dans l'automate Siemens. Le PID calcule la puissance nécessaire pour maintenir la température cible (consigne), puis envoie une commande PWM à une carte MOSFET.

Nous l'avons câblé comme suit, on a commencé par l'alimentation, les modules Peltier sont alimentés en courant continu (12V ou 24V), via une alimentation adaptée (la carte MOSFET). Ensuite, pour la commande, elle est reliée à la carte MOSFET qui elle est connectée d'un côté à l'automate (sortie PWM), et de l'autre à l'alimentation et au module Peltier. Pour finir, pour le contrôle thermique, les sondes de température (PT1000) permettent à l'automate de mesurer la température intérieure et d'ajuster le fonctionnement des Peltier en temps réel.

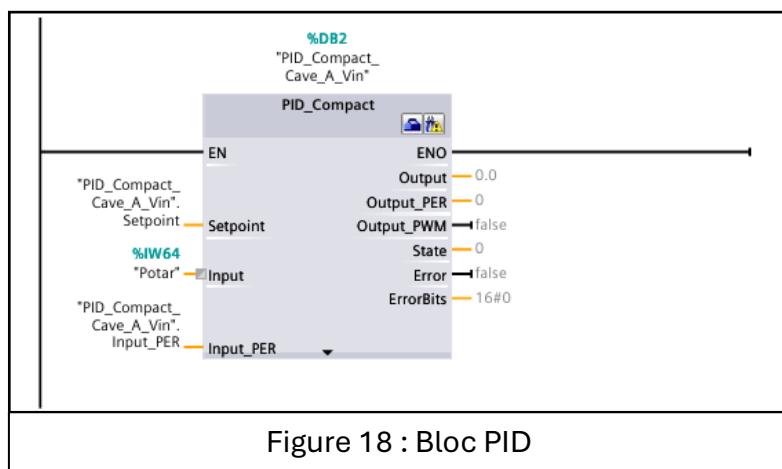
- Régulation thermique (logiciel)



Dans le main du programme TIA PORTAL, au lancement de la CPU, le bloc de programme où est située le PID sera mis en thread.



Ensuite, le bloc de régulation de TIA portal.



Entrée / Sortie du bloc PID	
ENTREE	SORTIE

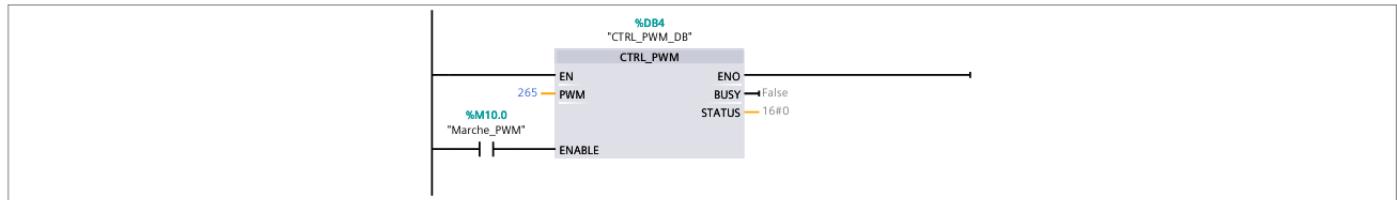
Valeur des sondes sur les blocs mémoires %MD20 ;30 ;40	Sortie PWM de l'automate
---	--------------------------

PLC tags									
	Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment
1	Potar	Int	%IW64	False	True	True	True		
1	Ventilo	Bool	%IO.0	False	True	True	True		
1	PT1000_1	Word	%IW96	False	True	True	True		
1	PT1000_2	Word	%IW98	False	True	True	True		
1	PT1000_3	Word	%IW100	False	True	True	True		
1	Ventilo(1)	Int	%QW64	False	True	True	True		
1	Val_PWM	Word	%QW1000	False	True	True	True		
1	Temp_1	Real	%MD20	False	True	True	True		
1	Marche_PWM	Bool	%M10.0	False	True	True	True		
1	Rapport_cyclique	Word	%MW25	False	True	True	True		
1	Temp_2	Real	%MD30	False	True	True	True		
1	Temp_3	Real	%MD40	False	True	True	True		
1	%Q4.0	Word	%MW44	False	True	True	True		
1	enablePulse	Bool	%I1.1	False	True	True	True		

Figure 19 : Tableau des variables automates

Sortie PWM

Network 1:



Network 2:

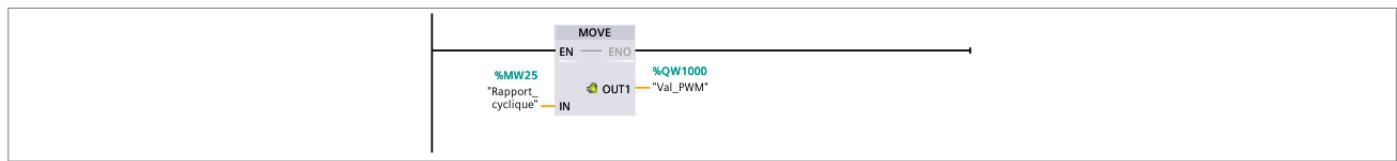


Figure 20 : Réseau sortie PWM

Conclusion et perspective :

Le projet cave à vin nous aura permis d'en apprendre plus sur les méthodes de récupération de valeur analogique via un automate Siemens, de connaître les principes physiques de l'effet Peltier et des sondes de température PT1000.

Mais aussi le fonctionnement et l'intérêt d'utiliser un Transistor de type MOSFET.

Le projet nous aura permis d'apprendre à faire face à des imprévues de gestion de planning, d'organisation.

Malheureusement en raison de divers évènements, le projet ne s'est pas terminé là où on voulait le porter.

Dans le futur, si le temps nous le permettait, on aurait voulu tester les PWM sur le Peltier directement et ainsi établir une boucle fermée avec les capteurs. Pour pouvoir enfin mettre tout le matériel dans une armoire électrique.

On remercie Monsieur Sabatier de nous avoir soutenu dans le cadre du projet.

Annexe

SIEMENS

Data sheet

6ES7231-5PD32-0XB0



Figure similar

SIMATIC S7-1200, Analog input, SM 1231 RTD, 4xAI RTD module

General information	
Product type designation	SM 1231, AI 4x16 bit RTD
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Input current	
Current consumption, typ.	40 mA
from backplane bus 5 V DC, typ.	80 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Analog inputs	
Number of analog inputs	4; Resistance thermometer
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	±35 V
Technical unit for temperature measurement adjustable	Degrees Celsius/degrees Fahrenheit
Input ranges	
• Voltage	No
• Current	No
• Thermocouple	No
• Resistance thermometer	Yes; Resistance-type transmitter: Pt10, Pt50, Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni120, Ni200, Ni500, Ni1000, Cu10, Cu50, Cu100, LG-Ni1000
• Resistance	Yes; 150 Ω, 300 Ω, 600 Ω
Input ranges (rated values), resistance thermometer	
• Cu 10 — Input resistance (Cu 10)	Yes 10 Ω
• Ni 100 — Input resistance (Ni 100)	Yes 100 Ω
• Ni 1000 — Input resistance (Ni 1000)	Yes 1 000 Ω
• LG-Ni 1000 — Input resistance (LG-Ni 1000)	Yes 1 000 Ω
• Ni 120 — Input resistance (Ni 120)	Yes 120 Ω
• Ni 200 — Input resistance (Ni 200)	Yes 200 Ω
• Ni 500 — Input resistance (Ni 500)	Yes 500 Ω
• Pt 100 — Input resistance (Pt 100)	Yes 100 Ω
• Pt 1000 — Input resistance (Pt 1000)	Yes 1 000 Ω

SIEMENS

Fiche technique

6ES7215-1BG40-0XB0
 Siemens
EcoTech

SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacte AC/DC/relais, 2 ports PROFINET, I/O intégrées: 14 DI DC 24V; 10 DO Relais 2A, 2 AI 0-10V CC, 2 AD 0-20mA DC, alimentation: CA 85-264V CA pour 47-63Hz, mémoire de programme / de données 200 Ko


Informations générales

Désignation du type de produit	CPU 1215C CA/CC/relais
Version du logiciel	V4.7
Ingénierie avec	<ul style="list-style-type: none"> • Pack de programmation
	STEP 7 V20 ou supérieur

Tension d'alimentation

Valeur nominale (CA)	
• 120 V CA	Oui
• 230 V CA	Oui
Plage admissible, limite inférieure (CA)	85 V
Plage admissible, limite supérieure (CA)	265 V

Fréquence réseau

• Plage admissible, limite inférieure	47 Hz
• Plage admissible, limite supérieure	63 Hz

Courant d'entrée

Consommation (valeur nominale)	100 mA à CA 120 V; 50 mA à CA 240 V
Consommation, maxi	300 mA à CA 120 V; 150 mA à CA 240 V
Courant d'appel, maxi	20 A à 264 V
PI	0,8 A²s

Courant de sortie

pour bus interne (5 V DC), maxi	1 800 mA; max. 5 V DC pour SM et CM
---------------------------------	-------------------------------------

Alimentation des capteurs

Alimentation des capteurs 24 V	
• 24 V	20,4 à 28,8 V

Puissance dissipée

Puissance dissipée, typ.	14 W
--------------------------	------

Mémoire

Mémoire de travail	
• Intégré	200 kbyte
Mémoire de chargement	
• Intégré	4 Mbyte
• enfilable (SIMATIC Memory Card), max.	Carte mémoire SIMATIC

Sauvegarde

• présente	Oui
• sans maintenance	Oui
• sans pile	Oui

Temps de traitement CPU