

Dossier De Conception (DDC)

du projet

MUGOCHAUD

Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	Clément Noël Sagesse Fontarel	Etudiant	22/01/25	
Approuvé par	M.Casaux M.Sabatier (IUT GEII Bdx)	Chef de projet	22/01/25	
Approuvé par	M.Casaux M.Sabatier (CMCI)	Client	22/01/25	

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 1 – 22/01/2025	1/29
-------------------------------------	---	------

Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	23/01/2023	Publication préliminaire du DDC, document à compléter par le Technicien
2	28/01/2025	Première publication

Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév	Origine
[CDC]	VSA_CDC	Cahier des charges	1	xxxxxx

Table des matières

1. Nature du document	3
2. Conception préliminaire du produit	4
3. Conception détaillée du produit	14
3.1. <Titre de la conception>	14
3.2. Conclusion de la conception détaillée du produit	14
4. Dérivage des solutions techniques retenues	15
4.1. <Titre de la simulation / prototypage rapide>	15
4.2. Conclusion de la simulation / prototypage rapide du produit	16
5. Conclusion de la conception du produit	17
6. Matrice de conformité du produit	17

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	2/29
-------------------------------------	---	------

1. Nature du document

Ce document est un dossier de conception et a pour but de détailler la conception du produit développé. Il apporte ainsi des preuves de la conformité du produit par rapport à l'ensemble des exigences client. Le paragraphe 3 du [CDC] décrit de façon plus détaillée la nature et le positionnement de ce document dans l'arborescence documentaire du projet.

-

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	3/29
-------------------------------------	---	------

2. Conception préliminaire du produit

Ce chapitre décrit l'architecture fonctionnelle du produit. Il apporte les premiers éléments de preuve de la faisabilité du produit vis-à-vis des exigences client.

Référence de pré-conception: CPR **1**

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Sagesse Fontarel

Compétences GEII :

- EXIG_CONST,
- EXIG_DETECT_FERM,
- EXIG_VERROU,
- EXIG_AUTOM,
- EXIG_CHAUF,
- EXIG_CABLAGE,
- EXIG_ECLAIR,
- EXIG_MONTEE_TEMP,
- EXIG_REGUL,
- EXIG_ARRET

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	4/29
-------------------------------------	---	------

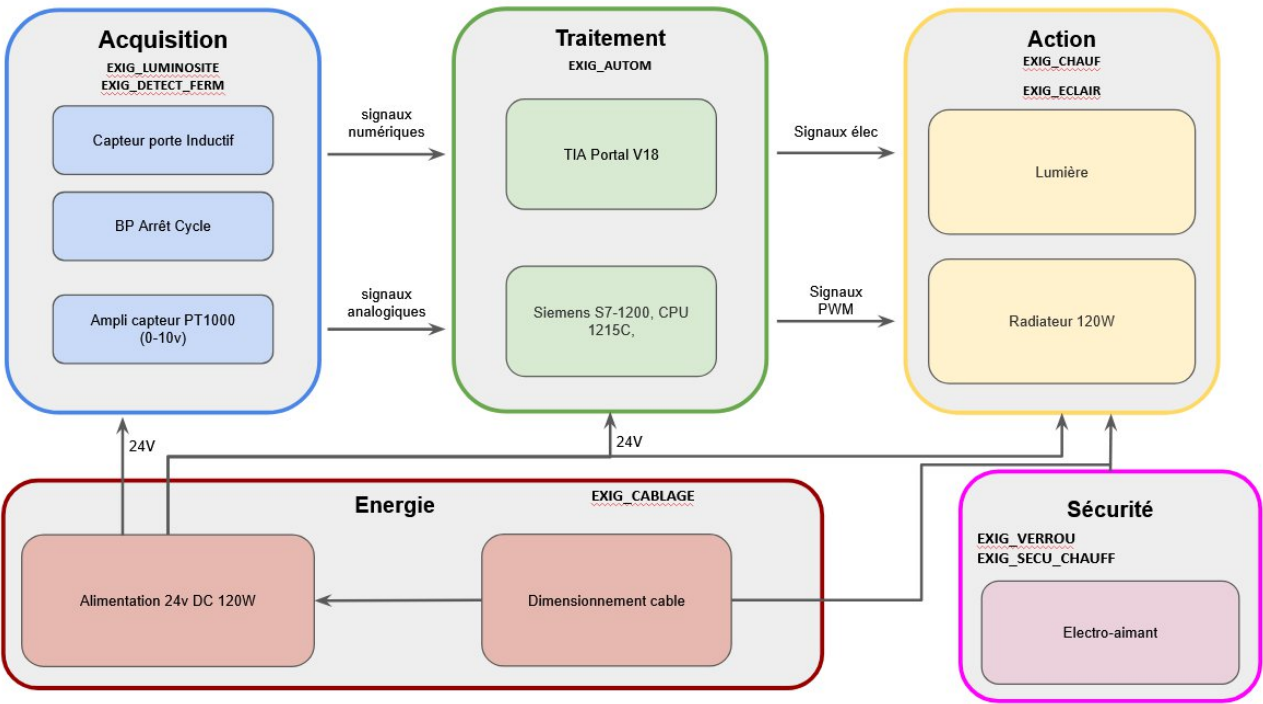
Référence de pré-conception: CPR 1

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Sagesse Fontarel

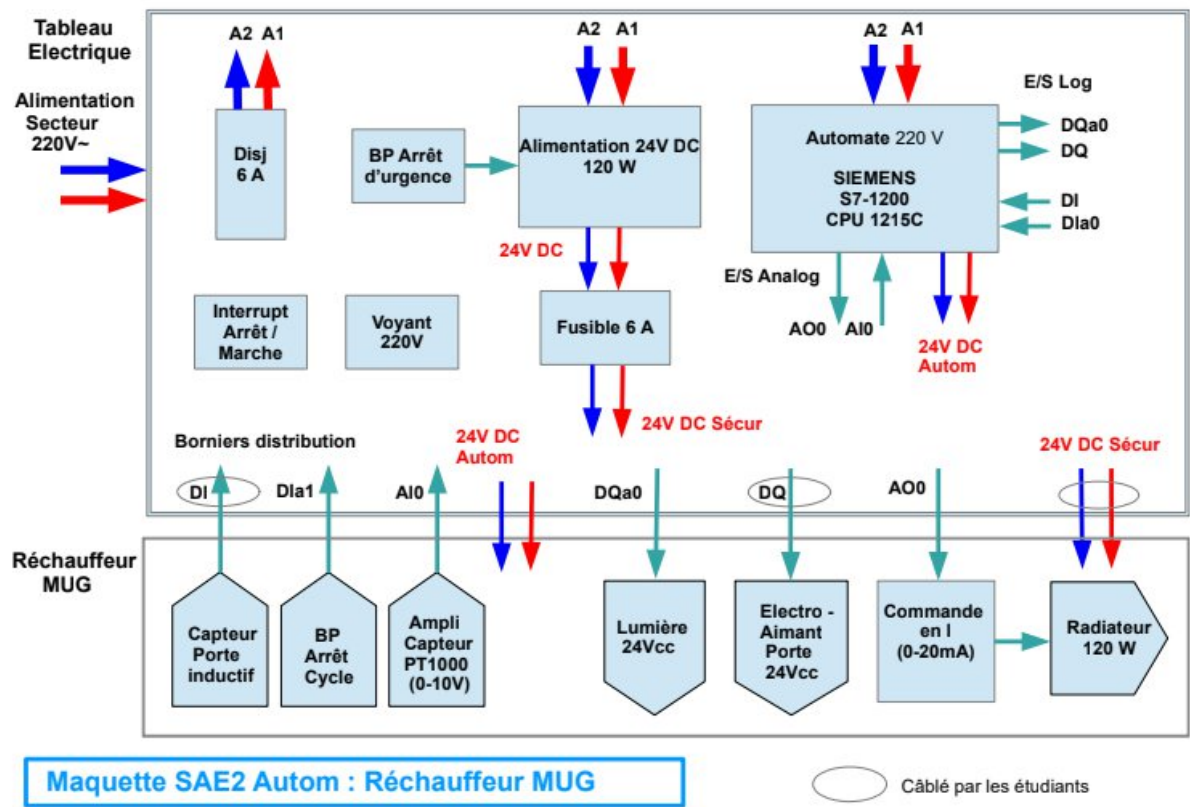
Compétences GEII :

- EXIG_CONST,



Synoptique project mugauchot

Afin de répondre au cahier des charges, une analyse globale des exigences à conduit à l' architecture fonctionnelle ci-dessous(Figure 1).

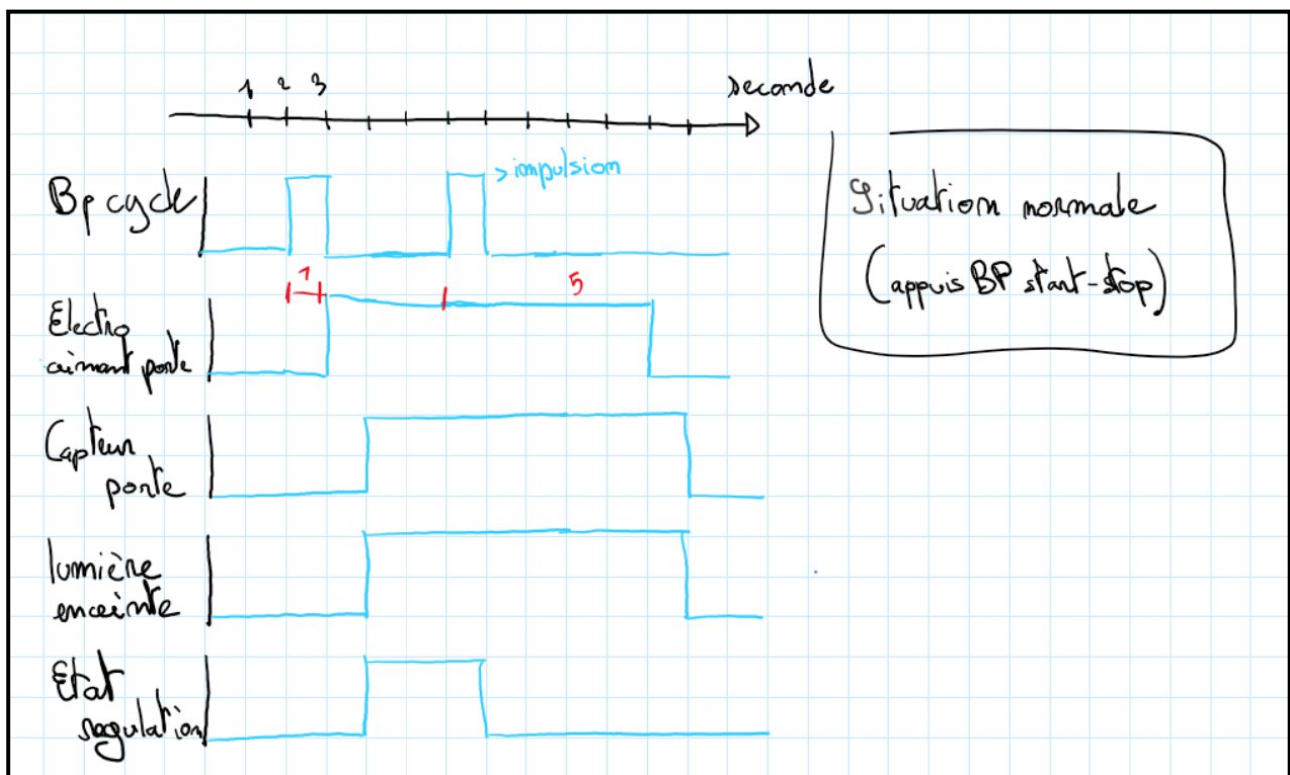


architecture fonctionnelle

Référence de pré-conception: CPR 2**Rédacteur :** Clément Noël**Relecteur :** Sagesse Fontarel**Exigences client vérifiées par préconception :****Compétences GEII :** Sigle de la ou des compétences

- Chronogramme ,2 situations normales et anormales.

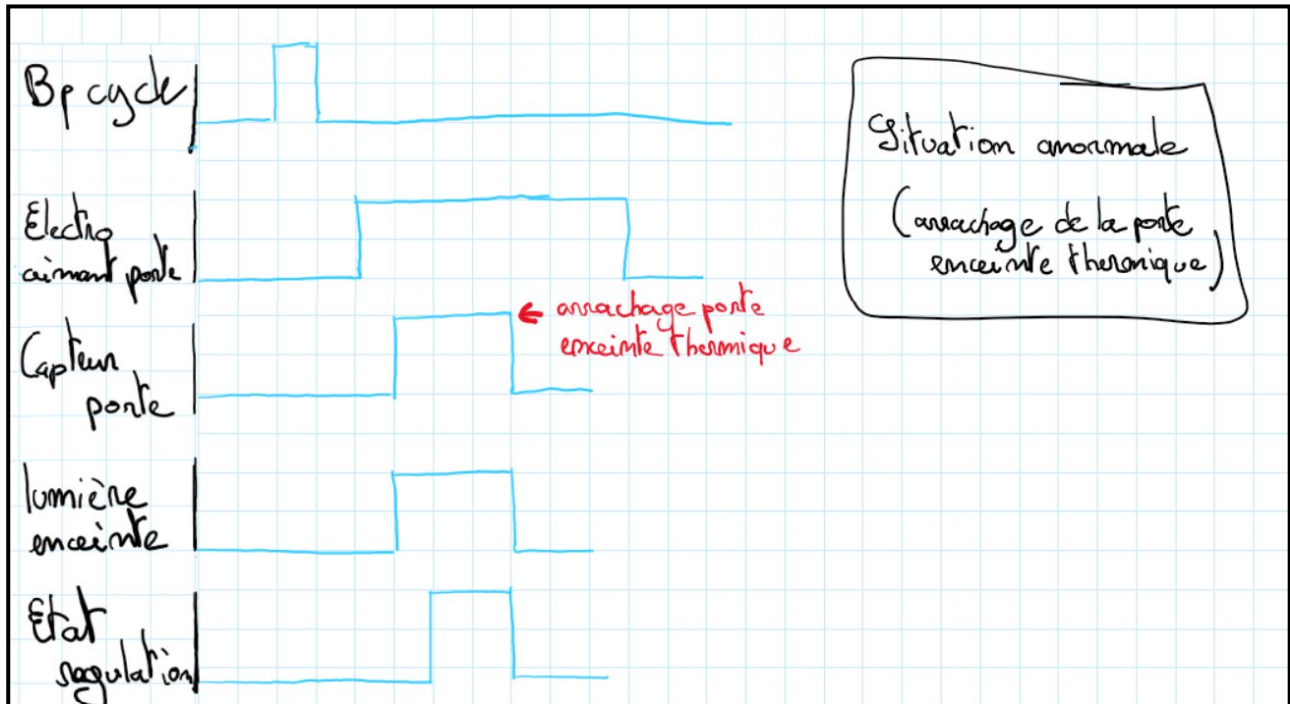
Situation Normale,



- Explication : Appuis, du Bp cycle, verrouillage de l'électro aimant après 1s, allumage de la lumière à l'activation de la régulation.

Ensuite, événement, re-appuis de la porte, pour resultat de désactivation de l'électro-aimant au bout de 5s.

Situation Anormale,



- Explication : Appuis, du Bp cycle, verrouillage de l'électro aimant après 1s, allumage de la lumière à l'activation de la régulation.

Ensuite, événement, arrachage de la porte, désactivation de la lumière, désactivation de la régulation, désactivation de l'électro-aimant.

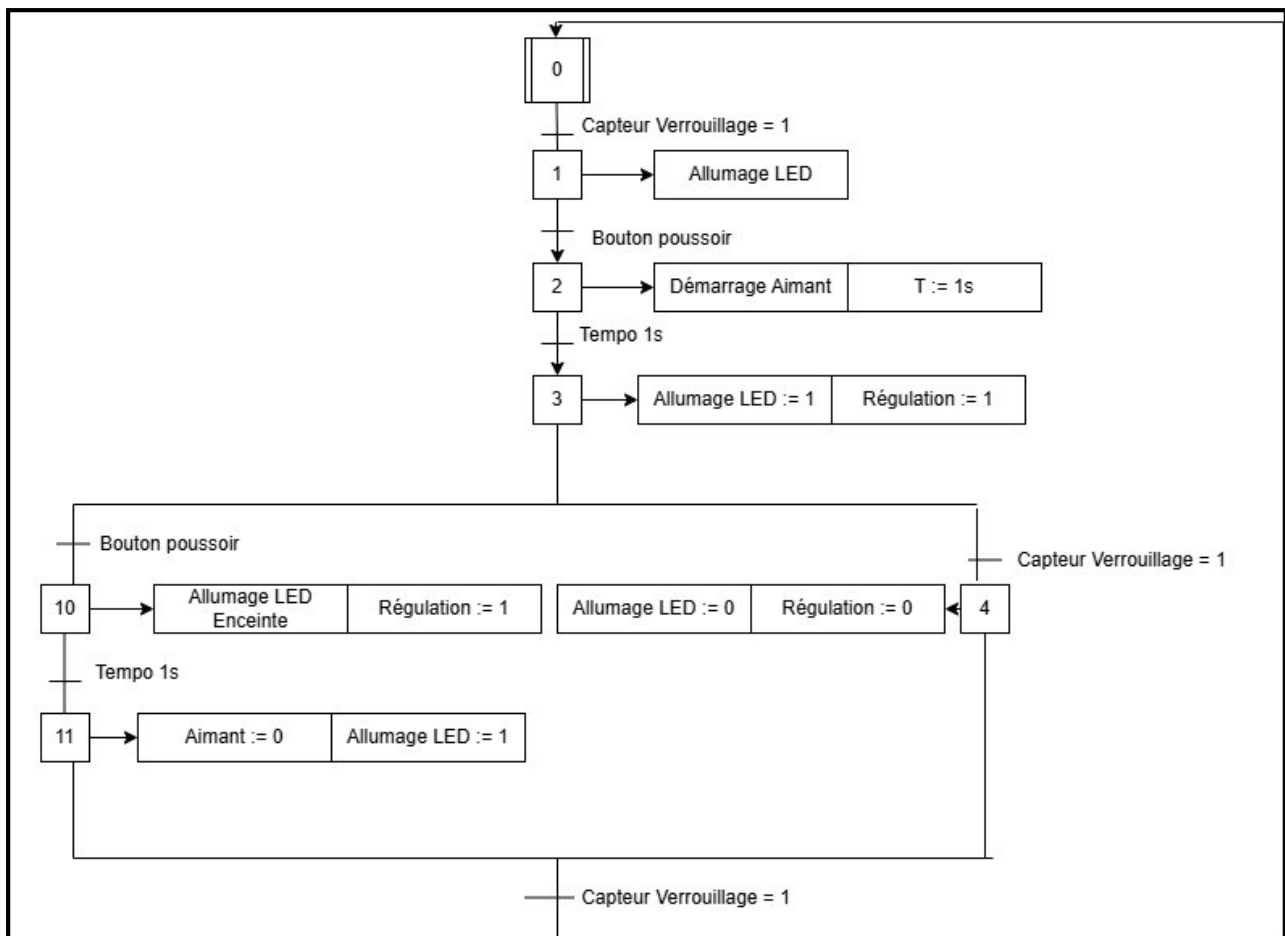
Référence de pré-conception: CPR **2**

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Sagesse Fontarel

Exigences client vérifiées par préconception :

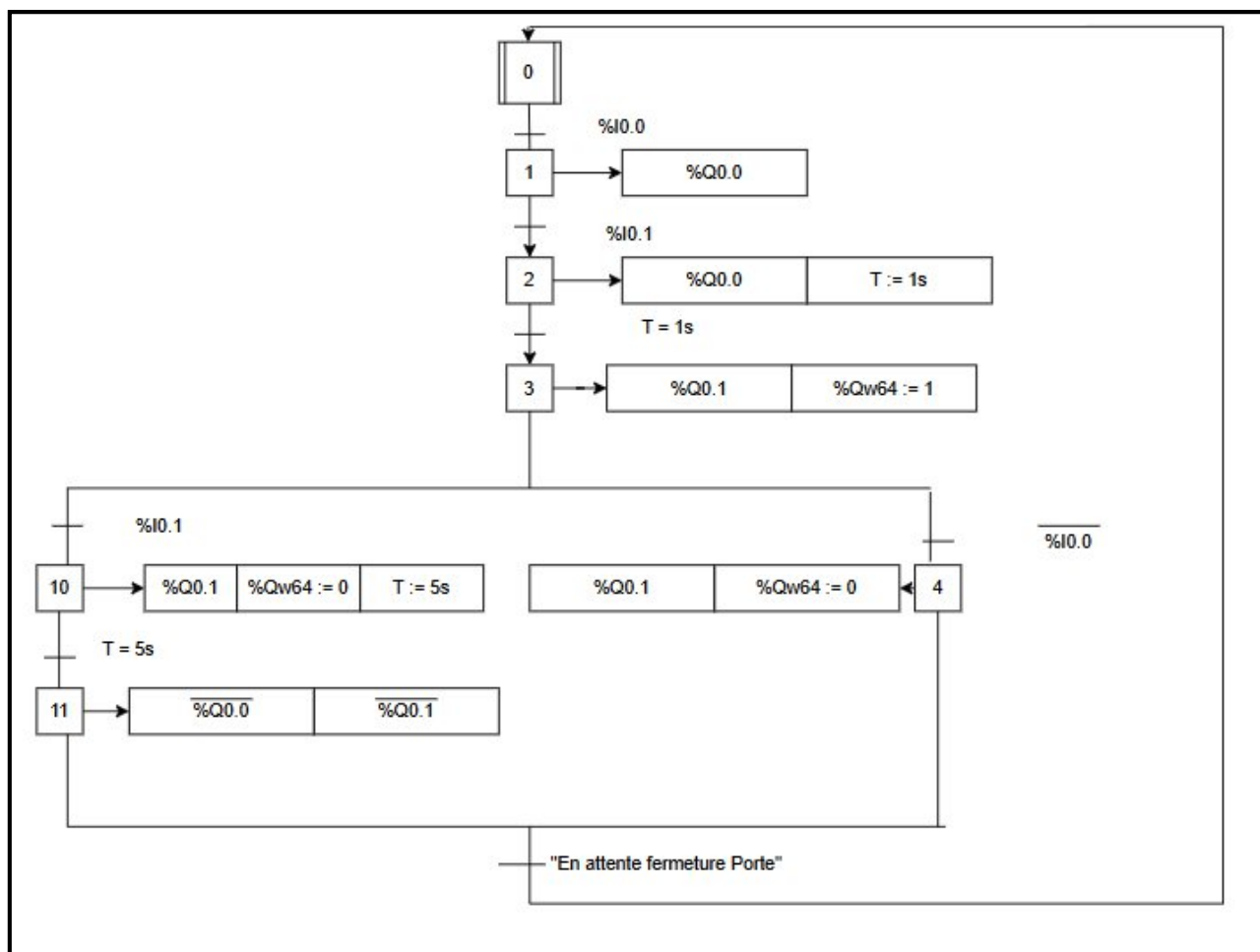
- EXIG_DETECT_FERM,
- EXIG_VERROU,
- EXIG_AUTOM,
- EXIG_CHAUF,
- EXIG_ECLAIR,
- EXIG_ARRET



Grafctet de niveau 1 déterminant le comportement du MUGOCHAUD

Référence de pré-conception: CPR 2**Rédacteur :** Clément Noël**Relecteur :** Sagesse Fontarel**Exigences client vérifiées par préconception :**

- EXIG_DETECT_FERM,
- EXIG_VERROU,
- EXIG_AUTOM,
- EXIG_CHAUF,
- EXIG_ECLAIR,
- EXIG_ARRET

**Grafcet de niveau 2 déterminant le comportement du MUGOCHAUD**

Référence de pré-conception: CPR **3**

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Sagesse Fontarel

Exigences client vérifiées par pré-conception :

- EXIG_CONST,
- EXIG_AUTOM,
- EXIG_CABLAG,

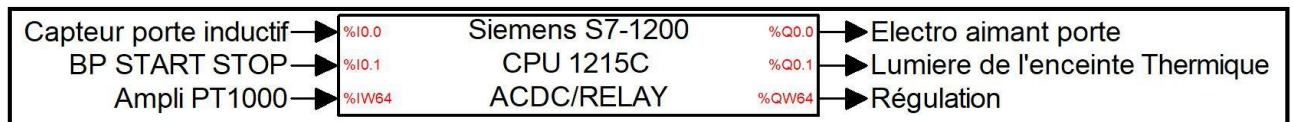


figure 3 : Entrée -sortie de l'automate et variable retenue

Permet de définir les entrées sorties qui seront réservées pour le projet sur l'automate.

Description :

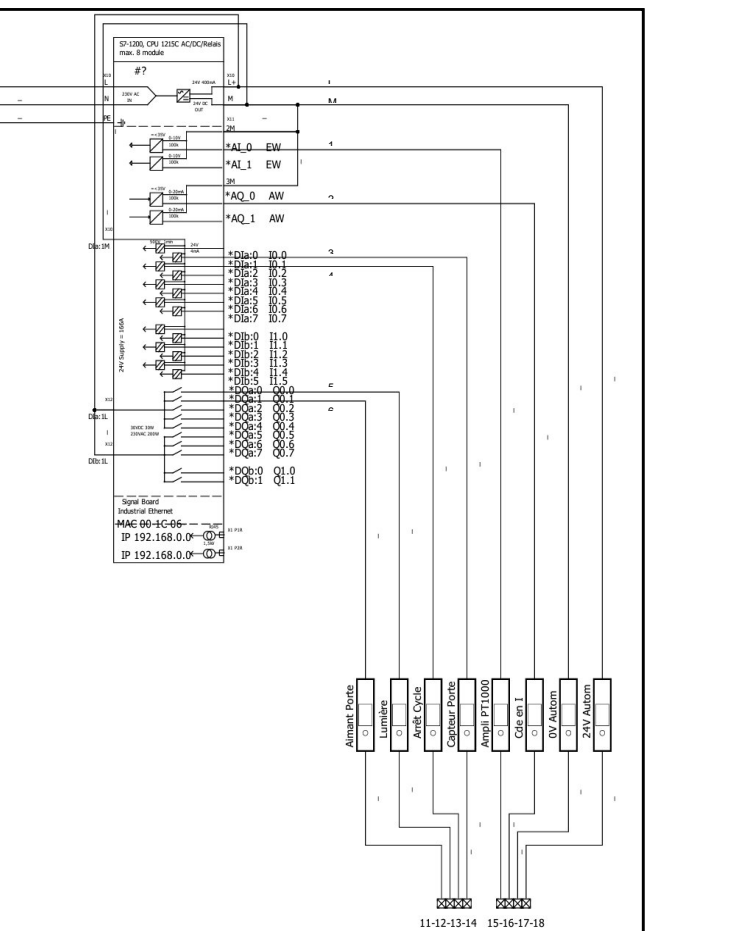


schéma électrique (liasse)

Référence de pré-conception: CPR_XXXXX

Rédacteur : Clement NOEL

Rellecteur : Sagesse FONTAREL

Exigences client vérifiées par pré-conception :

Compétences GEII : Sigle de la ou des compétences

Dimensionnement des câbles pour le DDC

1. Calcul du courant total

1.1 Résistance équivalente

$$R_e = 6 \, \Omega \, (1)$$

1.2 Tension appliquée

$$V = 24V \, (2)$$

1.3 Courant total

$$I = V / R_e = 24V / 6\Omega = 4A \, (3)$$

2. Calcul de la puissance dissipée

2.1 Puissance par résistance

$$P = V^2 / R = 24^2 / 12 = 48W \, (4)$$

2.2 Puissance totale dissipée

$$P_{totale} = 96W \, (5)$$

3. Choix du câble

- Nombre de conducteurs : 10
- Type de câble : câble multi-brin
- Température ambiante : $T = 35^\circ C$
- Facteur de correction pour $0^\circ C$ à $35^\circ C$: 0.87

4. Application du facteur de correction

A $35^\circ C$, il faut vérifier dans la méthode si un autre facteur s'applique. Le courant nominal doit être corrigé en fonction du facteur.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	13/ 29
-------------------------------------	---	-----------

5. Données du problème

- Courant à faire passer : $I = 4A$
- Température ambiante : $35^{\circ}C$
- Type de câble : multi-brin
- Nombre de conducteurs : 10

6. Facteurs de correction

D'après la méthode :

- Coefficient de température Coef1 à $35^{\circ}C$: 0.87
- Coefficient de groupement Coef2 pour 10 conducteurs : 0.55

7. Calcul du courant minimal à prendre en compte

$$I_{min} = I / (Coef1 \times Coef2) = 4A / (0.87 \times 0.55) \approx 8.36A \text{ (7)}$$

8. Sélection de la section de câble

- D'après les tableaux standards des conducteurs multi-brins, la section immédiatement supérieure correspond à une jauge 16 AWG (10A).

9. Ajout d'une marge de sécurité

- Il est recommandé d'ajouter une marge de 25% pour éviter d'utiliser le conducteur à sa capacité maximale.

On applique alors un coefficient de sécurité Coef3 de 0.75 :

$$I_{min, \text{ sécurisé}} = I / (Coef1 \times Coef2 \times Coef3) = 4A / (0.87 \times 0.55 \times 0.75) \approx 11.15A \text{ (9)}$$

La jauge immédiatement supérieure est 14 AWG (15A).

10. Conclusion

Le câble à utiliser pour garantir un bon dimensionnement, en tenant compte de la température, du groupement des conducteurs et d'une marge de sécurité, est un câble multi-brin de section **14 AWG (15A)** pour assurer un fonctionnement sûr et durable

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	14/ 29
-------------------------------------	---	-----------

3. Conception détaillée du produit

Ce chapitre détaille la conception du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe de cette étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

3.1. EXIGENCE MECANIQUE

Référence de conception : CDT <1>

Rédacteur : Clement Noel

Relecteur :

Exigences client vérifiées : EXIG_CONST

Le MUGOCHAUD est constitué :

- d'une enceinte climatique permettant de maintenir le Mug à la température souhaitée. Cette enceinte pourra être ouverte et fermée afin d'y déposer le Mug.(1)
- d'une armoire électrique qui contiendra les alimentations et éléments programmables du système(2)

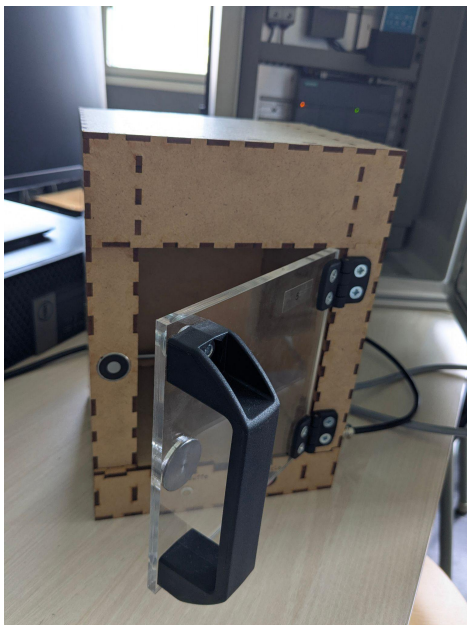


Figure SEQ Figure * Arabic 1 Enceinte Thermique, porte ouvrable (1)



Figure SEQ Figure * Arabic 2 Armoire électrique qui contient tout les éléments du systèmes(2)

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	15/ 29
-------------------------------------	---	-----------

Conclusion de la conception détaillée du produit

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur :

La conception initiale du MUGOCHAUD, nous imposait la réutilisation des deux parties du MUGOCHAUD, elles ont été conservé.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	16/ 29
-------------------------------------	---	-----------

1.1. EXIGENCE ELECTRIQUE

Référence de conception : CDT<2>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_DETECT_FERM

Détecter avec précision la fermeture de la porte.

MUGOCHAUD doit satisfaire l'exigence en détectant la fermeture de la porte de l'enceinte.

L'imposition de conception nécessite un capteur de fermeture de porte de type Capteur de proximité inductif 5 mm SN04N pour répondre à cette exigence.

Le système ne sera mis en fonctionnement que s'il détecte avec précision la fermeture de la porte de l'enceinte.

Le retour de la valeur ce fait via l'entrée %IO.O de l'automate.

Référence de conception : CDT<3>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_VERROU

L'exigence EXIG_VERROU impose que MUGOCHAUD verrouille la porte de l'enceinte lorsqu'il est en utilisation.

Un électro-aimant de type RS PRO 24V c.c., 53N, diamètre 20 mm sera utilisé pour satisfaire cette exigence.

Le système verrouille la porte afin d'assurer la sécurité des utilisateurs en prévenant les risques de brûlures.

L'électro-aimant sera câblé sur l'entrée %Q0.1 de l'automate

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	17/ 29
-------------------------------------	---	-----------

Référence de conception : CDT<4>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur :

Exigences client vérifiées : EXIG_AUTOM

L'exigence EXIG_AUTOM impose que MUGOCHAUD utilise un automate programmable situé dans l'armoire électrique pour réaliser ses fonctions.

L'automate utilisé est un Siemens S7-1200, CPU 1215C, AC/DC/RELAY, et le logiciel de programmation sera TIA Portal V18.

Cet automate a été conservé car il était déjà utilisé dans la version précédente du produit et est programmé avec l'outil fourni par Siemens.

Référence de conception : CDT<5>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_CHAUF

L'exigence EXIG_CHAUF impose que MUGOCHAUD maintienne l'enceinte climatique à des températures comprises entre 40°C et 80°C ($\pm 0,1^\circ\text{C}$), dans un environnement extérieur de 0°C à 35°C.

Le système de chauffage sera réalisé par deux résistances électriques en parallèle de type HS50 12R F.

Ce système de chauffe est conservé car il était utilisé dans la version précédente du produit.

Les résistances sont utilisées via la commande de régulation expliquée dans l'exigence : MONTE_REGUL

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	18/ 29
-------------------------------------	---	-----------

Référence de conception : CDT<6>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_CABLAGE

L'exigence EXIG_CABLAGE impose que l'ensemble des éléments électriques constituant le MUGOCHAUD soient câblés dans l'armoire électrique.

Un bornier dans l'armoire accueillera l'ensemble du câblage. La liasse électrique de l'ancienne version (schéma électrique) est fournie et mise à jour. Cette liasse a été réalisée au format du logiciel QElectrotech.

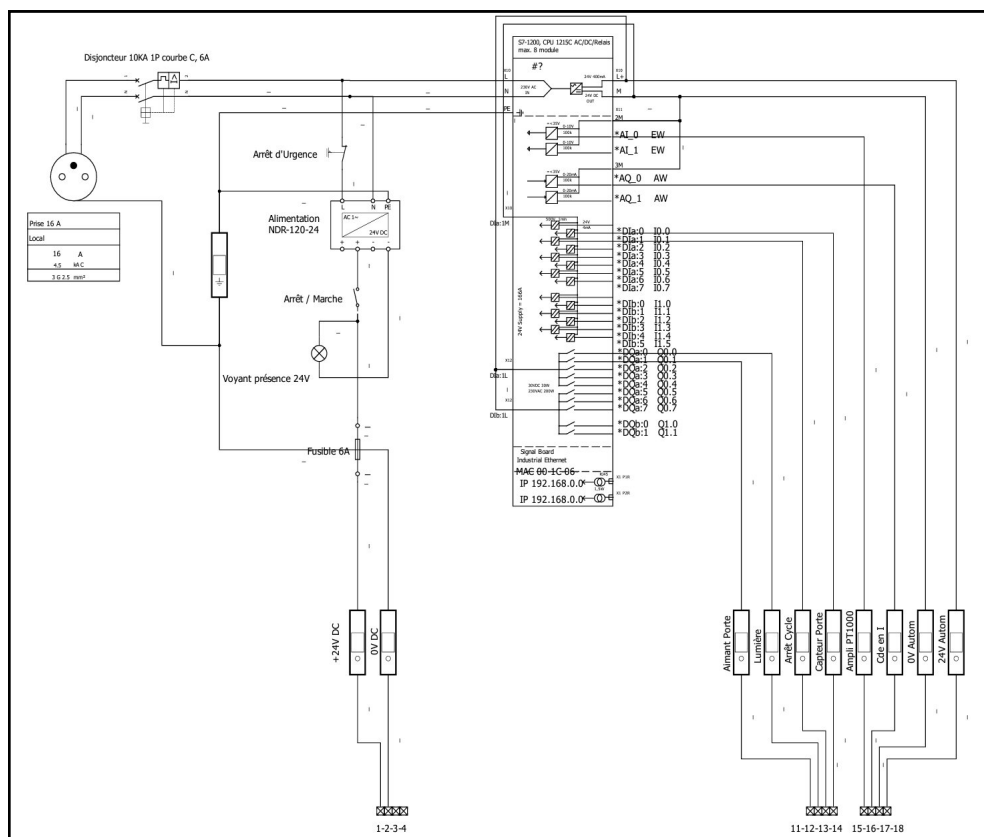


Figure 4 : Schéma électrique (liasse)

Référence de conception : CDT<7>**Rédacteur :** Clément Noël**Relecteur :** Clément Noël**Exigences client vérifiées :** EXIG_ECLAIR

L'enceinte est éclairée par deux LED blanches, garantissant une meilleure visibilité du Mug pendant son utilisation.

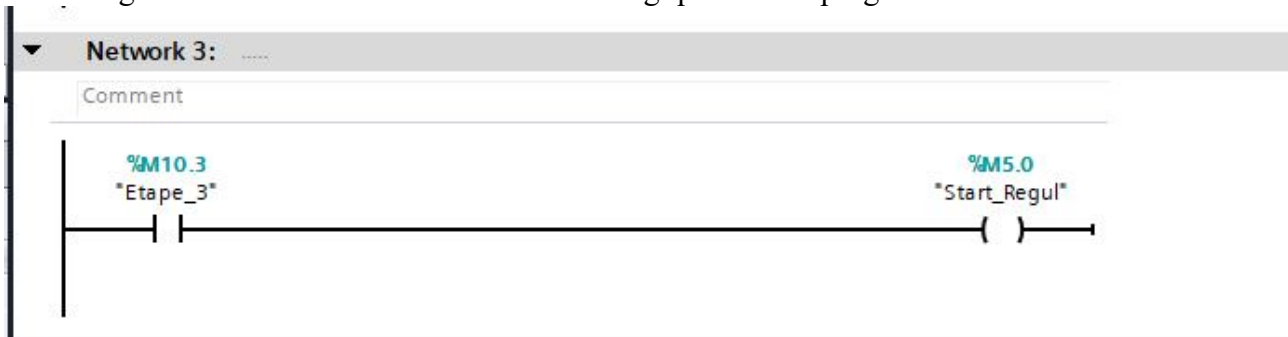
L'éclairage sera câblé sur l'entrée %Q0.1 de l'automate, pour la contrôler.

Référence de conception : CDT<8>**Rédacteur :** Clément Noël**Relecteur :****Exigences client vérifiées :** EXIG_SECU_CHAUFF

L'exigence EXIG_SECU_CHAUFF impose que MUGOCHAUD alimente la résistance chauffante uniquement lorsque la porte de l'enceinte est fermée et stoppe son alimentation en cas d'ouverture intempestive.

Cette mesure assure la sécurité de l'utilisateur en évitant tout risque lié au chauffage.

Cette exigence a été résolue avec une condition logique dans le programme de l'automate.



En lien avec le grafcet, la commande de régulation, qui gère la chauffe du système ne peut être actif que sur une seule étape, l'étape 3, hors de ce cas, tout partie du système ne chauffe pas.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	20/ 29
-------------------------------------	---	-----------

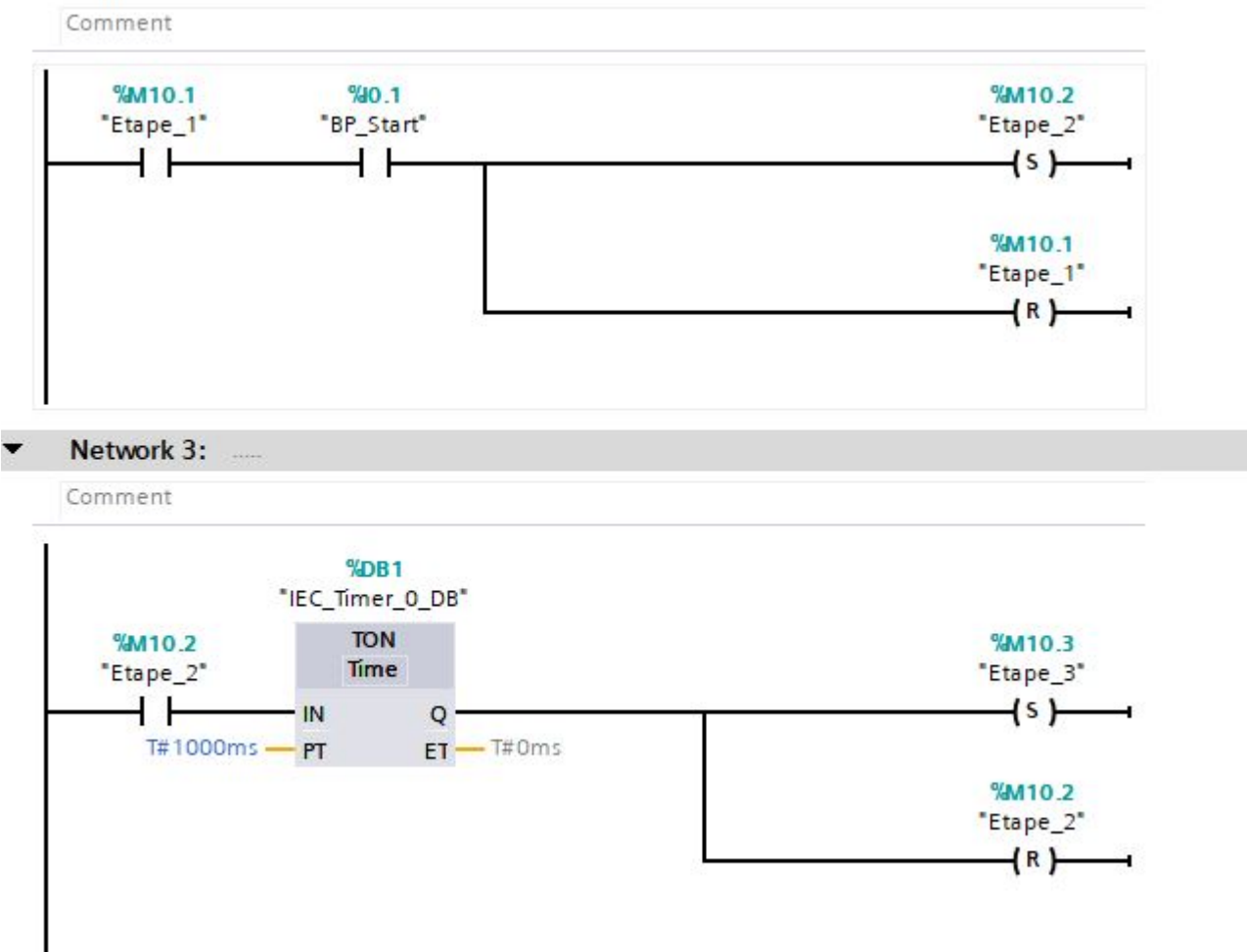
Référence de conception : CDT<9>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_COM_VEROU

L'exigence EXIG_COM_VERROU impose que le verrouillage de la porte de l'enceinte par l'électro-aimant soit réalisé une seconde ($1s \pm 0.2s$) après l'activation de start/stop. Cette temporisation(et de façon intrinsèque, cette exigence), sera validé par une temporisation conçu dans le programme TIA PORTAL.



Après l'évolution des étapes, sur l'appuie du BP START, une temporisation de 1s commence.

Référence de conception : CDT<9, 10>

Rédacteur : Sagesse

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_MONTEE_TEMP, EXIGENCE REGUL

L'exigence EXIG_MONTEE_TEMP impose que la température intérieure de l'enceinte atteigne 50°C en moins de 10 minutes après le verrouillage de la porte, quelle que soit la température extérieure (0°C-35°C).

Cette exigence est respectée en calculant correctement la loi de commande assurant la régulation, afin que la température de l'enceinte soit atteinte avant que celle du Mug ne passe sous cette consigne.

L'exigence EXIG_REGUL impose que l'enceinte maintienne une température intérieure de 50°C avec une précision de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ en fonctionnement normal.

Un capteur de température PT1000 IKE650/2MM est intégré à l'enceinte climatique pour obtenir un retour de la boucle de régulation de notre système. La régulation est assurée par une loi de commande adaptée afin de garantir la performance du système.

– Démonstration :

Le système MUGOCHAUD doit maintenir une température intérieure de 50°C avec une précision de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, conformément aux exigences EXIG_MONTEE_TEMP et EXIG_REGUL. Le correcteur proportionnel-intégral (PI) est dimensionné pour assurer une régulation efficace en respectant ces contraintes.

2. Modélisation Dynamique du Système

D'après l'analyse effectuée dans les TP et les documents fournis, le système thermique de MUGOCHAUD peut être approximé par un système du premier ordre avec la fonction de transfert suivante :

$$H(p) = \frac{K}{1 + T_i p}$$

Avec :

- $K = 0.995$
- $T_i = 1200\text{s}$ (constante de temps du système)

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	22/ 29
-------------------------------------	---	-----------

Un échelon $u(t)$ d'amplitude 12000 pas CNA est appliqué à l'entrée du hacheur qui alimente la résistance chauffante.

3. Spécifications de la Boucle de Régulation

- Temps de montée (environ 10 minutes :

$$t_m \leq 600s$$

- Erreur statique prise nulle
- Marge de phase supérieure à 45° pour garantir la stabilité

4. Synthèse du Correcteur PI Le correcteur PI a pour fonction de transfert :

$$C(p) = K_p + \frac{K_i}{p}$$

Afin d'assurer un bon compromis entre stabilité et rapidité de la réponse, les paramètres sont calculés comme suit :

La pulsation au gain unité est :

$$w_u = \frac{2}{t_m} = \frac{2}{600} = 0.0033 \text{ rad/s}$$

En utilisant la méthode de Boucle Ouverte, le gain statique et la marge de phase nous permettent d'obtenir :

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	23/ 29
-------------------------------------	---	-----------

$$K_p = \frac{1}{K \cdot |H(j\omega_u)|} \approx 15$$

La constante intégrale est définie par :

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{15}{1200} = 0.0125$$

Ainsi, la fonction de transfert du correcteur devient :

$$C(p) = 15 + 0.0125pC(p) = 15 + \frac{0.0125}{p}$$

5. Discrétisation du Correcteur PI

L'implantation se fait sur un automate Siemens S7-1200 dans TIA Portal, le correcteur doit être discrétisé en utilisant l'approximation d'Euler :

$$dt(kT)((k1)T)T \frac{d\epsilon}{dt} \approx \frac{\epsilon(kT) - \epsilon((k-1)T)}{T}$$

Avec une période d'échantillonnage $T_e=500\text{ms}$, l'équation discrète devient :

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	24/ 29
-------------------------------------	---	-----------

$$u(kT) = u((k-1)T) + 3.45\epsilon(kT) - 4.67\epsilon((k-1)T)$$

Ce dimensionnement assure une régulation optimale du MUGOCHAUD en garantissant la stabilité et la précision exigées. L'implantation dans TIA Portal suit les meilleures pratiques d'automatisation industrielle.

- Dans le programme : /// Sera délivré plus tard dans projet ///

Référence de conception : CDT<11>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur :

Exigences client vérifiées : EXIG_ARRET

L'exigence EXIG_ARRET impose que la fonction de maintien en température de l'enceinte soit démarrée et stoppée par un appui sur le bouton poussoir start/stop situé sur la face avant de l'enceinte. Un bouton poussoir à 2 états est intégré à l'armoire pour répondre à cette exigence. Cette fonctionnalité assure que le système puisse être arrêté conformément aux besoins opérationnels.



Figure 3 BP_Poussoir en façade

Référence de conception : CDT<12>

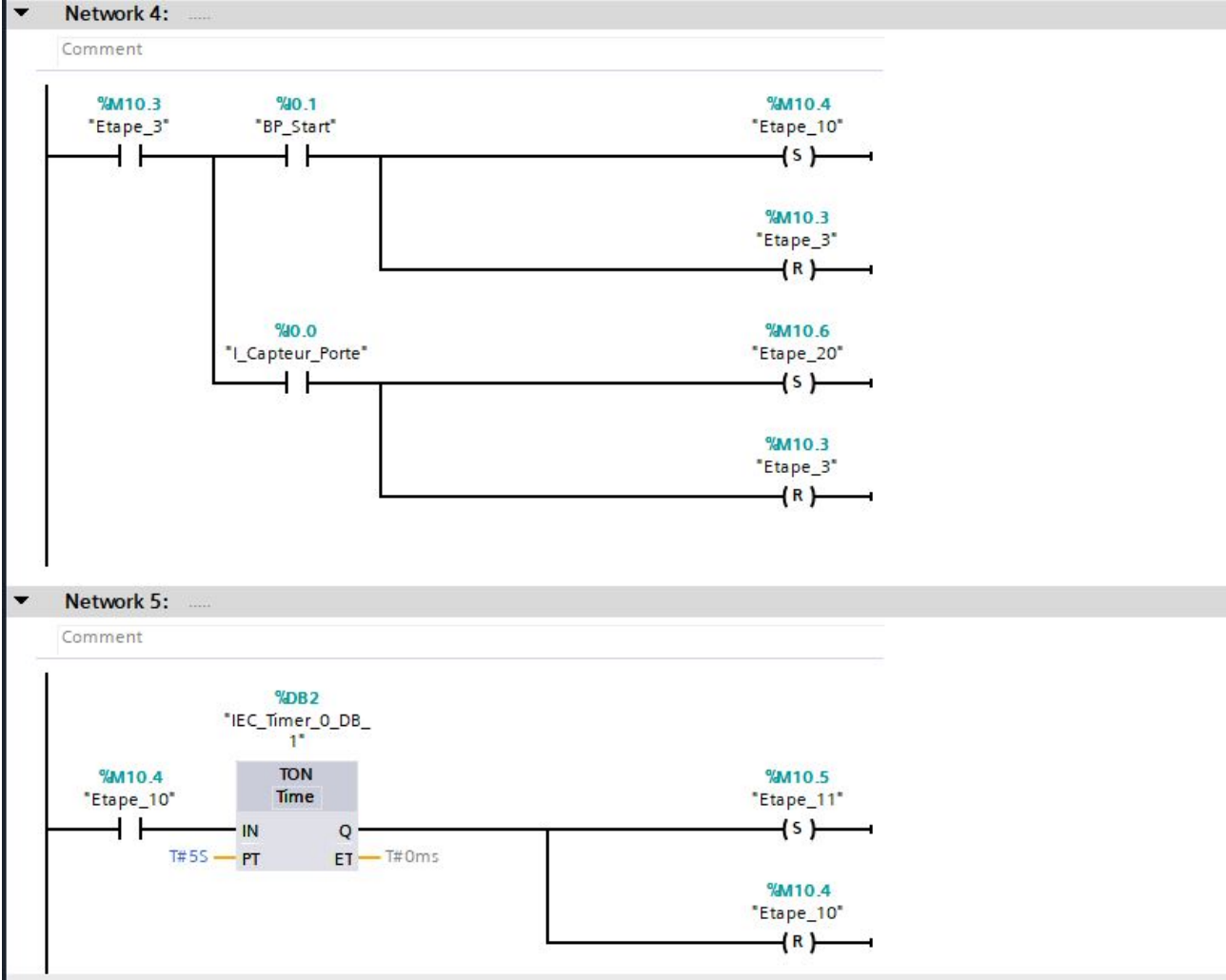
IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	25/ 29
-------------------------------------	---	-----------

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_DEVEROUILLAGE

L'exigence EXIG_DEVEROUILLAGE impose que le déverrouillage de la porte soit effectif 5 secondes ($\pm 0.5s$) après la demande d'arrêt du maintien en température. Cela permet de laisser le temps à la résistance chauffante de refroidir avant d'ouvrir la porte. Cette temporisation(et de façon intrinsèque, cette exigence), sera validé par une temporisation conçu dans le programme TIA PORTAL.



Après la demande d'arrêt de la commande de chauffe (avec un Appuis du BP Start), évolution en etape 10, et activation d'une temporisation de 10s

Référence de conception : CDT<13>

Rédacteur : Clément Noël

Rellecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_CYCL_FONCT

L'exigence EXIG_CYCL_FONCT impose que le fonctionnement du MUGOCHAUD suive un cycle précis, détaillé comme suit :

- Ouverture de la porte de l'enceinte
- Éclairage de l'enceinte
- Positionnement du Mug par l'utilisateur dans l'enceinte
- Fermeture de la porte de l'enceinte
- Appui sur le bouton start/stop par l'utilisateur
- Verrouillage de la porte de l'enceinte
- Démarrage du cycle de chauffe :
- Éclairage de l'enceinte
- Régulation de la température
- Appui sur start/stop par l'utilisateur :
- Extinction de l'enceinte
- Déverrouillage de la porte
- Ouverture de la porte :
- Éclairage de l'enceinte
- Récupération du Mug dans l'enceinte par l'utilisateur
- Fermeture de la porte :
- Extinction de l'éclairage

Ce cycle de fonctionnement prend en compte toutes les exigences de sécurité prévues pour le système. L'exigence à été pris en compte est sera validé par la partie DDF.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	27/ 29
-------------------------------------	---	-----------

4. Conclusion de la conception du produit

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

5. Matrice de conformité du produit

Ce chapitre synthétise par l'intermédiaire d'un tableau la conformité du produit développé par rapport aux exigences issues du Cahier des Charges.

Exigence	Méthodes Vérification	Eléments vérifiant l'exigence	Statut
EX01	Conception Conception Simulation	CPR01 CDT01 DRS01	Conforme Conforme Conforme
EXIG_CONST		CDT01	x
EXIG_DETECT_FERM		CDT02	x
EXIG_VERROU		CDT03	x
EXIG_AUTOM		CDT04	x
EXIG_CHAUF		CDT05	x
EXIG_CABLAG E		CDT06	x
EXIG_ECLAIR		CDT07	x
EXIG_SECU_CH AUFF		CDT08	x
EXIG_COM_VE ROU		CDT09	x
EXIG_MONTEE TEMP		CDT10	x
EXIG_REGUL		CDT11	x
EXIG_ARRET		CDT12	x
EXIG_DEVERO UILLAGE		CDT13	x
EXIG_CYCL_FO NCT		CDT14	x

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	28/ 29
-------------------------------------	---	-----------

1. Dériskage des solutions techniques retenues

1.1. Vérification d'ouverture porte

Référence de la simulation : DRS <1>

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur : Clément Noël

Exigences client vérifiées : EXIG_CONST Conception

But de la simulation : Vérification d'ouverture de la porte est du dépôt du mug

Fichiers : ///

Procédure de simulation :

Ouverture de la porte, dépôt de la tasse, constatation visuel de deux partie du système, Enceinte thermique et armoire électrique.

Résultats attendus :

Porte qui s'ouvre, dépôt de la tasse OK, constatation visuel de deux partie du système, Enceinte thermique et armoire électrique.

Statut de la simulation : Conforme.

Problèmes rencontrés :

Aucun

1.2. Conclusion de la simulation / prototypage rapide du produit

Rédacteur : Clément Noël

Relecteur :

Tout est OK

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : VSA_DDC_EQ01 Révision : 0 – 22/01/2025	29/ 29
-------------------------------------	---	-----------