

École Nationale d'Ingénieurs de Brest (ENIB)

Module / Projet : **PER** — Glissière motorisée instrumentée

Rapport de Projet PER

Banc de test sur glissière verticale motorisée

Mesure de consommation, automatisme, sécurité et analyse éthico-technique

Réalisé par :

MEHSEN Hassan
SOTIH Mohammed Amine
LOQUAIS Loann

Encadrant :

M. Laurent PELT

Année universitaire : S9A - 2025

Table des matières

1	Introduction générale	4
1.1	Contexte et enjeux	4
1.2	Objectifs du projet	4
1.3	Organisation du rapport	4
2	Présentation du projet et cahier des charges	6
2.1	Description fonctionnelle	6
2.2	Contraintes et exigences	6
3	Architecture globale du système	7
3.1	Chaîne d'énergie	7
3.2	Chaîne d'information	7
3.3	Table des signaux principaux	7
4	Étude mécanique de la glissière	8
4.1	Description mécanique	8
4.2	Capteurs et zones de sécurité	8
4.3	Risque mécanique principal	8
5	Dimensionnement et calculs	8
5.1	Données et hypothèses	8
5.2	Course et nombre de tours	8
5.3	Vitesse rotation → vitesse linéaire	9
5.4	Profil trapézoïdal : justification	9
5.5	Exemple chiffré de durée de cycle	9
5.6	Synthèse de paramètres exploitables	10
6	Conception électronique	11
6.1	Gestion des alimentations	11
6.2	Acquisition du Courant	11
6.3	Adaptation du signal de sortie	12
6.4	Disjoncteur Électronique	13
7	Documentation de l'interface électronique (référence annexe)	14
7.1	Résumé fonctionnel (1 page)	14
8	Sécurité du système	15

8.1	Sécurité mécanique	15
8.2	Sécurité électrique	15
8.3	Analyse succincte des risques	15
9	Commande et automatisme (Grafcet)	16
9.1	Architecture des Grafcets	16
9.2	Grafcet de prise d'origine	16
9.3	Grafcet avant course (pré-positionnement)	17
9.4	Grafcet de sécurité	18
9.5	Grafcet automatique (profil trapézoïdal)	19
9.6	Grafcet mode manuel	20
9.7	Exemple de logique (pseudo-code) côté automate	21
10	Aide opérateur et exploitation du banc	22
10.1	Règles de sécurité essentielles	22
10.2	Procédure recommandée	22
10.3	En cas de comportement anormal	22
11	IHM PC (Qt / QML / Python)	23
11.1	Technologies	23
11.2	Fonctionnement	23
11.3	Tests réalisés pour l'IHM	26
11.4	Bilan et travaux à venir	26
12	Analyse éthique et responsabilité de l'ingénieur	27
12.1	Raison d'être : sobriété énergétique et mesure réelle	27
12.2	Identification des vulnérabilités et des risques	27
12.2.1	Risques techniques	27
12.2.2	Risques humains et sociaux	27
12.2.3	Risques juridiques	27
12.2.4	Risques environnementaux et économiques	27
12.3	Évaluation éthique du projet	27
12.3.1	Approche technique : sobriété technologique	27
12.3.2	Approche pédagogique : former à l'ingénierie responsable	28
12.3.3	Approche humaine : sécurité et supervision	28
12.3.4	Approche scientifique : honnêteté et transparence	28
12.4	Éthique du care et éthique des vertus	28
12.4.1	Éthique du care	28

12.4.2 Éthique des vertus	28
12.5 Recommandations et perspectives d'amélioration	28
13 Conclusion générale	29

1 Introduction générale

1.1 Contexte et enjeux

La transition énergétique impose de repenser la conception et l'exploitation des systèmes électromécaniques. Au-delà de l'amélioration des rendements, un levier majeur consiste à **mesurer** et **comprendre** la consommation réelle des actionneurs en conditions d'usage, afin d'éviter des choix par défaut conduisant à un **surdimensionnement**.

Dans l'industrie comme dans l'enseignement, les données constructeurs sont indispensables, mais elles peuvent être établies avec des marges importantes et ne reflètent pas toujours les conditions réelles de fonctionnement. Disposer d'un banc instrumenté permet alors :

- de quantifier la consommation en fonction de la charge et du profil de mouvement ;
- d'analyser le comportement électromécanique d'un moteur (courant, efforts, dynamique) ;
- de sécuriser les essais et d'encadrer les manipulations ;
- de fournir un support pédagogique concret à des étudiants ingénieurs.

1.2 Objectifs du projet

L'objectif de ce projet est de réaliser un **banc de test instrumenté** basé sur une glissière verticale motorisée, pilotée par automate avec une IHM. Le système doit :

- déplacer une masse variable (jusqu'à 10 kg) sur une course définie ;
- exécuter des profils de vitesse (trapézoïdaux) en montée/descente ;
- mesurer et afficher une grandeur liée à la consommation (courant moteur) ;
- intégrer des mécanismes de sécurité : fins de course, arrêt, disjoncteur électronique ;
- proposer des modes **automatique** et **manuel**.

1.3 Organisation du rapport

Ce rapport présente successivement l'architecture globale, la mécanique et le dimensionnement, l'interface électronique, la commande automatisée par Grafcet, le guide d'exploitation (IHM), puis une analyse éthique et des perspectives.

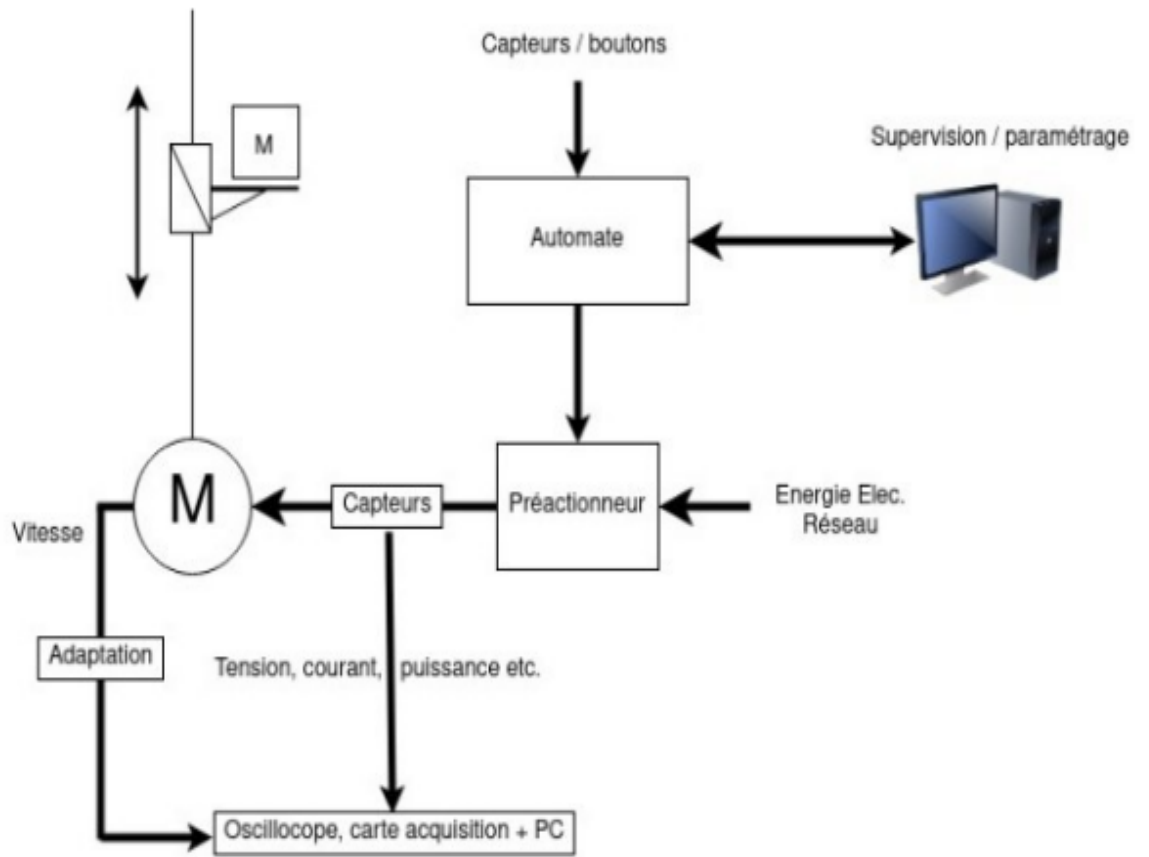


FIGURE 1 – Vue d'ensemble de système

2 Présentation du projet et cahier des charges

2.1 Description fonctionnelle

Le système étudié est une glissière verticale motorisée. Un chariot se déplace sur une course mécanique totale de l'ordre de 450 mm. Des capteurs positionnés le long de la course permettent :

- la détection du début/fin de course ;
- la prise d'origine de mesure (référence positionnelle) ;
- la définition d'une zone utile et de zones de sécurité.

L'utilisateur pilote le banc via une IHM associée à l'automate. Il peut lancer un cycle automatique (montée puis descente) ou utiliser un mode manuel (déplacement à la demande).

2.2 Contraintes et exigences

Exigence	Description
Sécurité mécanique	Éviter les chocs en fin de course ; marge de sécurité ; profil de vitesse progressif.
Sécurité électrique	Protection contre surintensité ; arrêt commande PWM ; ré-armement contrôlé.
Mesure	Mesure exploitable du courant (calibration/offset) via entrée analogique automate.
Commande	Modes auto et manuel ; prise d'origine ; pré-positionnement avant course.
Pédagogie	Paramètres accessibles à l'étudiant, mais bornés pour éviter les erreurs dangereuses.

3 Architecture globale du système

3.1 Chaîne d'énergie

La chaîne d'énergie peut être résumée ainsi :

- alimentation 24 V ;
- étage de puissance (pont en H) pilotant le moteur DC ;
- transmission mécanique (réducteur, vis/écrou ou système de translation) ;
- chariot et charge.

3.2 Chaîne d'information

La chaîne d'information comprend :

- capteurs de position (capteurs de course et prise d'origine) ;
- codeur incrémental (signaux A/B) pour vitesse/position relative ;
- mesure analogique du courant (shunt + amplification + offset) ;
- automate programmable (traitement, commande, sécurité) ;
- IHM (paramétrage et supervision).

3.3 Table des signaux principaux

Signal	Type / niveau	Rôle
PWM_1	/ sortie automate 24 V →	Commande pont en H (sens/vitesse)
PWM_2	adaptation 5 V	
SigA / SigB	encodeur open-drain 5 V → adaptation 24 V	Retour vitesse/position (A/B)
I(t)	analogique (avec offset)	Mesure courant (entrée analogique automate)
FDC_haut	/ TOR	Sécurité mécanique (fin de course)
FDC_bas		
POM	TOR	Prise d'origine de mesure

TABLE 2 – Principaux signaux échangés entre sous-systèmes.

4 Étude mécanique de la glissière

4.1 Description mécanique

La glissière est verticale, ce qui impose de prendre en compte la gravité dans les phases de montée et de descente. Le chariot se déplace sur une course mécanique totale, avec une course utile et des zones de sécurité en haut/bas.

Le mouvement est assuré par un moteur DC (EMG49) via un système de translation tel que :

$$10 \text{ tours moteur} \Rightarrow 4 \text{ mm de translation} \Rightarrow k = 0,4 \text{ mm/tour.}$$

4.2 Capteurs et zones de sécurité

Trois capteurs jalonnent la course :

- début de course (bas) ;
- capteur de prise d'origine de mesure (POM) ;
- fin de course (haut).

Les zones de sécurité permettent d'éviter des chocs mécaniques et de protéger l'ensemble en cas de mauvais paramétrage.

4.3 Risque mécanique principal

Le risque mécanique principal est le **dépassement de course** conduisant à un blocage du chariot ou à un choc en butée. Pour réduire ce risque :

- limitation logicielle de la zone autorisée ;
- profil trapézoïdal (rampe accélération/décélération) ;
- surveillance des fins de course par Grafcet sécurité.

5 Dimensionnement et calculs

5.1 Données et hypothèses

Les données utilisées :

- relation mécanique : $k = 0,4 \text{ mm/tour}$;
- course utile : 430 mm, longueur chariot : 87 mm ;
- course réelle exploitable :

$$L_{\text{réelle}} = 430 - 87 = 343 \text{ mm.}$$

- moteur EMG49 : 24 V, vitesse nominale 122 tr/min, vitesse à vide 143 tr/min.

5.2 Course et nombre de tours

Nombre de tours nécessaires pour parcourir la course réelle :

$$N_{\text{montée}} = \frac{L_{\text{réelle}}}{k} = \frac{343}{0,4} = 857,5 \text{ tours.}$$

Aller-retour :

$$N_{\text{AR}} = 2N_{\text{montée}} = 1715 \text{ tours.}$$

5.3 Vitesse rotation → vitesse linéaire

Avec $n_{\text{nom}} = 122 \text{ tr/min}$:

$$v_{\text{max}} = k \frac{n_{\text{nom}}}{60} = 0,4 \cdot \frac{122}{60} \approx 0,813 \text{ mm/s.}$$

5.4 Profil trapézoïdal : justification

Un profil de vitesse trapézoïdal permet :

- une accélération progressive (réduction des à-coups) ;
- une vitesse stabilisée (reproductibilité des essais) ;
- une décélération maîtrisée (réduction du risque de choc).

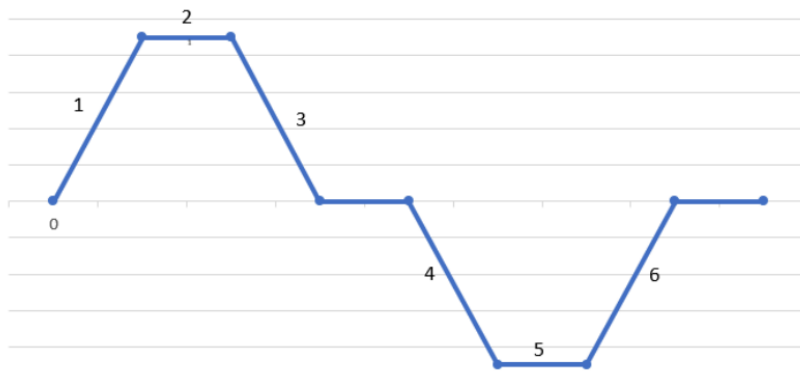


FIGURE 2 – Profil trapézoïdal (vitesse vs temps)

5.5 Exemple chiffré de durée de cycle

En fixant une rampe douce $t_a = 2 \text{ s}$:

$$L_1 = L_3 = \frac{1}{2} v_{\text{max}} t_a \approx \frac{1}{2} \cdot 0,813 \cdot 2 = 0,813 \text{ mm.}$$

Distance plateau :

$$L_2 = L_{\text{réelle}} - (L_1 + L_3) \approx 343 - 1,626 = 341,374 \text{ mm.}$$

Durée plateau :

$$t_c = \frac{L_2}{v_{\text{max}}} \approx \frac{341,374}{0,813} \approx 419,7 \text{ s.}$$

Temps montée :

$$T_{\text{montée}} = 2t_a + t_c \approx 423,7 \text{ s} \approx 7,1 \text{ min.}$$

Aller-retour :

$$T_{\text{AR}} \approx 2T_{\text{montée}} \approx 14,1 \text{ min.}$$

5.6 Synthèse de paramètres exploitables

Grandeur	Valeur	Commentaire
k	0.4 mm/tour	Conversion rotation/translation
$L_{réelle}$	343 mm	Course exploitable
v_{max}	0.813 mm/s	À vitesse nominale
t_a	2 s (choix)	Rampe douce
$T_{montée}$	7.1 min	Exemple chiffré
T_{AR}	14.1 min	Hors temps d'arrêt

TABLE 3 – Paramètres mécaniques/dynamiques utilisés pour la commande.

6 Conception électronique

6.1 Gestion des alimentations

Sur la carte, nous avons besoin des tensions suivantes :

- +24v
- +0v
- +5v
- -5v

Le 24v étant déjà fourni par l'alimentation à découpage générale qui alimente aussi l'automate, il nous reste à générer une tension symétrique de +5, -5v, nécessaire à l'ampli d'instrumentation (l'amplitude des tensions d'alimentation de l'AD623 étant 10v maximum cf. 6.2).

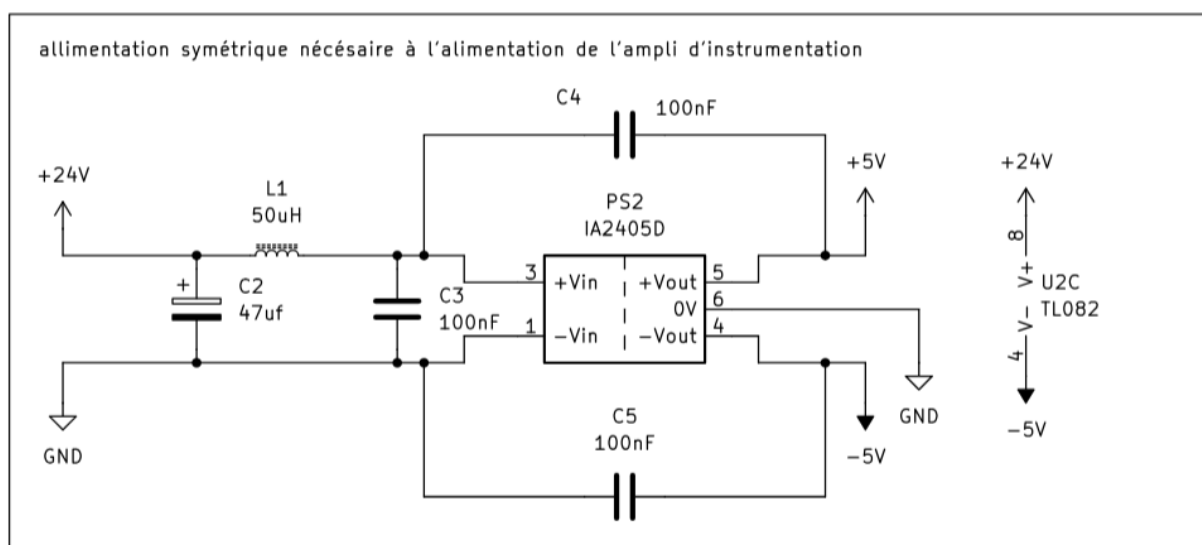


FIGURE 3 – Schéma alimentation

On utilise donc le IA2405D qui est un hacheur tout intégré capable de générer une alimentation symétrique 5v sans composant additionnel nécessaire.

6.2 Acquisition du Courant

Cette partie est constituée d'un amplificateur d'instrumentation sensible à la différence de potentiel aux bornes de la résistance de shunt, câblé en configuration single-ended. L'outil **diamond chart** de Analog device est très utile pour le dimensionnement d'un tel dispositif. [Calculateur constructeur](#)

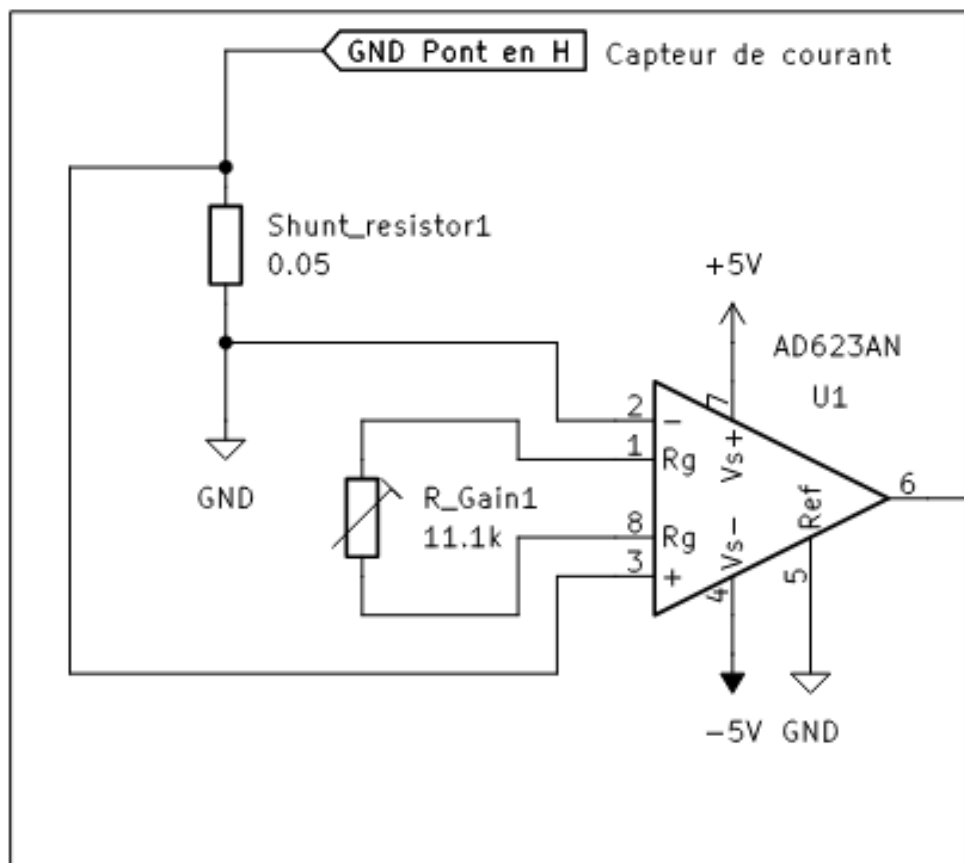


FIGURE 4 – Schéma du capteur de courant

6.3 Adaptation du signal de sortie

À la sortie de l'amplificateur d'instrumentation, cf. 4, le signal est contenu entre -5 et +5 volt un courant allant de -10A à 10A. De façon à pouvoir lire la valeur analogique par l'automate, nous voulons avoir un signal de sortie contenu entre 0 et 10 volts. Nous utilisons donc un étage d'adaptation qui ajoute un offset au signal de sortie. On prend aussi la précaution de filtrer le signal de sortie de l'ampli d'instrumentation de façon à limiter les fréquences parasites ($f_c=160\text{hz}$).

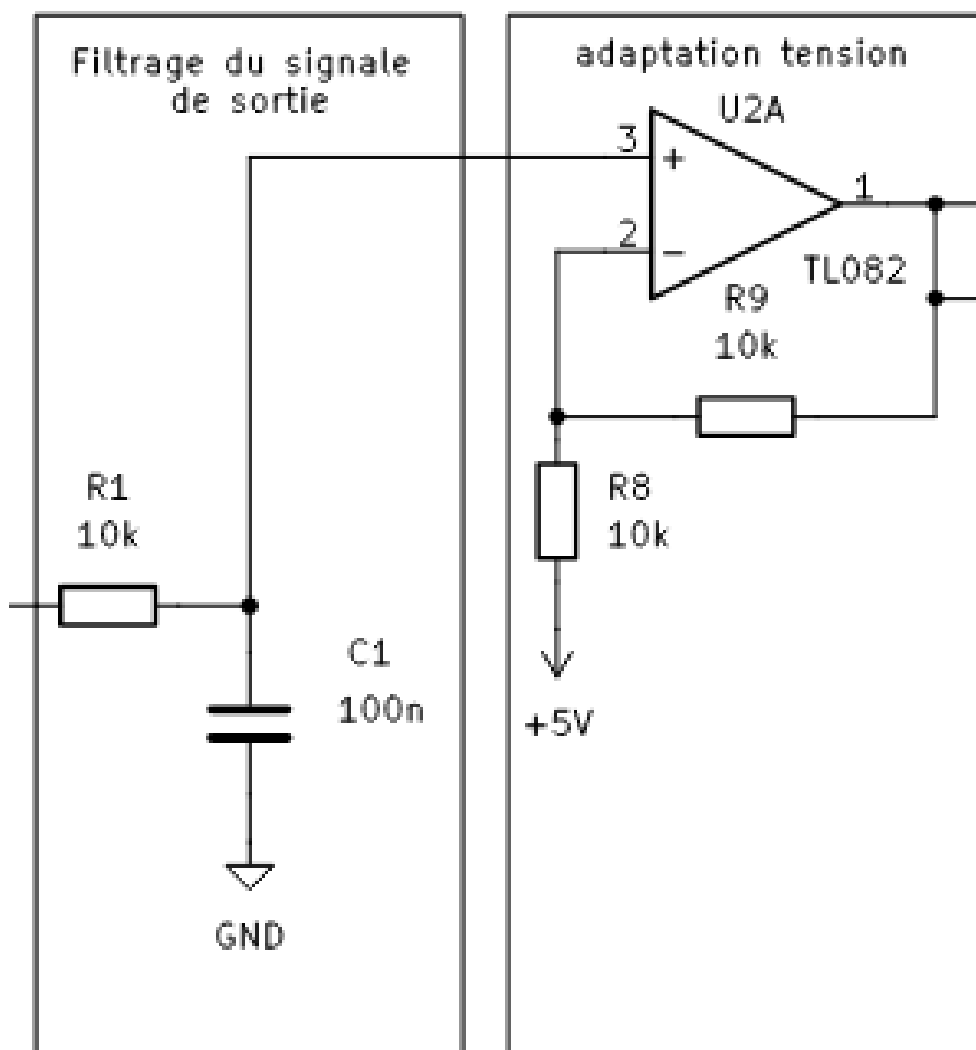


FIGURE 5 – Schéma de l'étage d'adaptation du signal

6.4 Disjoncteur Électronique

Le disjoncteur possède deux états stables :

- Epsilon Négatif - Après la mise en tension du système, le relais est fermé, la tension en sortie de l'AOP est saturée à sa tension d'alimentation minimale (-5v, d'où la diode en série qui sert à éliminer cette tension de -5v).
- Epsilon Positif - Le système bascule dans un état qui n'est réinitialisé seulement quand la carte est porté hors tension, où le relais est alors commandé par la sortie de l'AOP

7 Documentation de l'interface électronique (référence annexe)

Cette section synthétise les fonctions essentielles de la carte d'interface. La documentation détaillée (schémas complets, réglages et procédures de test) est fournie en pièce jointe dans le dossier du projet (*Documentation_Interface_Electronique.pdf*).

7.1 Résumé fonctionnel (1 page)

- **Adaptation de commande** : l'automate commute en 24 V, le pont en H attend une commande 5 V. La carte abaisse le niveau de tension pour la commande PWM/sens.
- **Adaptation encodeur** : les signaux A/B de l'encodeur étant en open-drain, la carte assure la mise en forme (pull-up et buffer) pour présenter des entrées compatibles automate.
- **Mesure courant** : la masse du pont en H est forcée à travers la résistance de shunt. Un amplificateur d'instrumentation fournit un signal amplifié, puis un offset d'environ 5 V est ajouté pour une mesure analogique plus robuste.
- **Protection** : un disjoncteur électronique à hystérésis pilote un relais, coupant l'alimentation du pont en H en cas de dépassement d'une limite de courant réglable. **Le réarmement impose une coupure d'alimentation.**

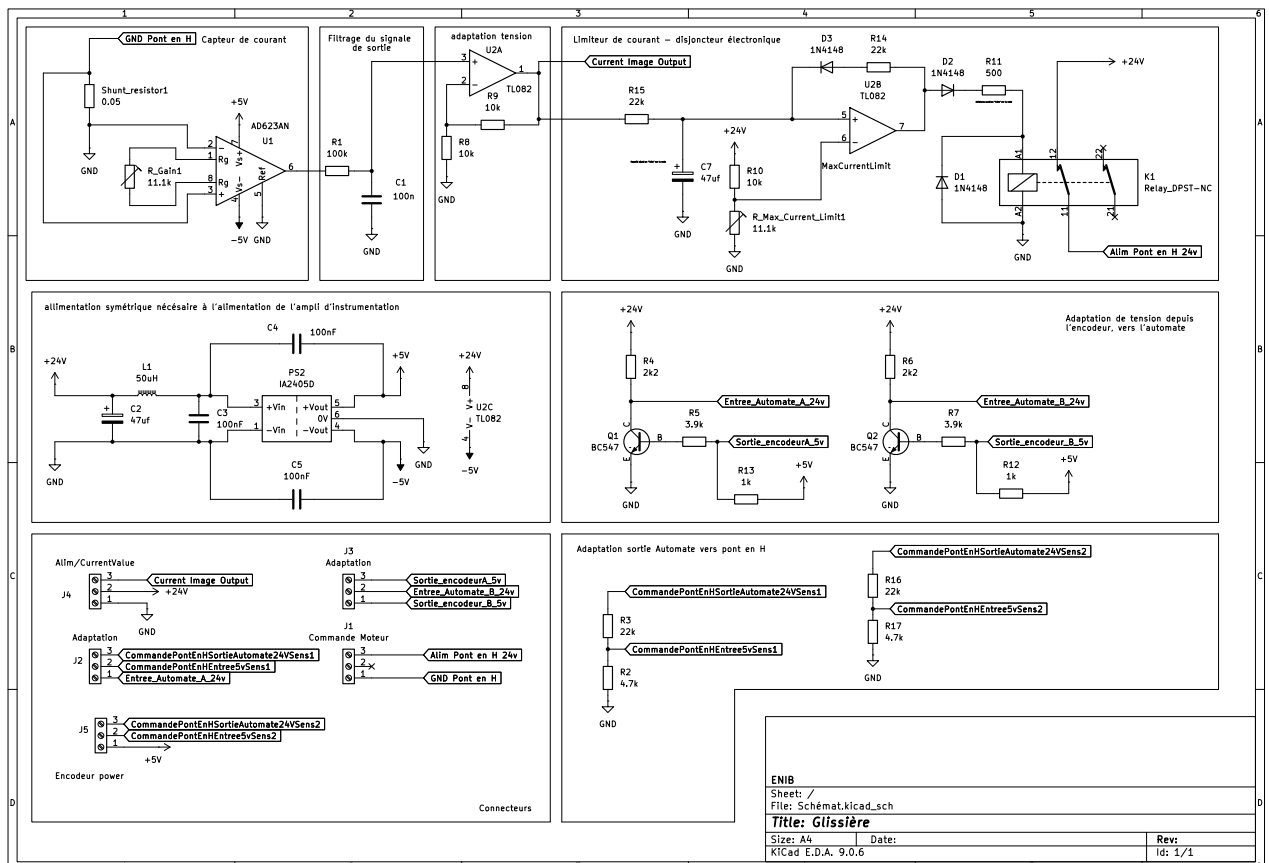


FIGURE 6 – Schéma de l'étage d'adaptation du signal

8 Sécurité du système

8.1 Sécurité mécanique

La sécurité mécanique s'appuie sur :

- marges de sécurité et zones non exploitées proches des butées ;
- capteurs de fin de course (haut/bas) ;
- profil trapézoïdal (évite les chocs en fin de course) ;
- procédures d'essais progressifs (aide opérateur).

8.2 Sécurité électrique

Les risques électriques principaux sont liés à la puissance moteur (surintensité, échauffements, erreurs de câblage). Les dispositifs de sécurité incluent :

- disjoncteur électronique (coupure relais) ;
- arrêt commande (PWM=0) via Grafset sécurité ;
- réarmement volontaire (coupure puis remise sous tension).

8.3 Analyse succincte des risques

Risque	Cause	Réduction / protection
Choc en butée	Mauvaise consigne / bug	FDC + zone sécurité + rampes
Blocage moteur	Obstacle, dépassement	Limite course + disjoncteur courant
Surchauffe	Surintensité prolongée	Disjoncteur + essais progressifs
Manipulation dangereuse	Utilisateur non formé	Guide IHM + aide opérateur + supervision

TABLE 4 – Synthèse risques et mesures de réduction.

9 Commande et automatisme (Grafcet)

9.1 Architecture des Grafcets

La commande est structurée en plusieurs Grafcets coopérant :

- prise d'origine (POM) ;
- pré-positionnement avant course ;
- Grafcet sécurité ;
- Grafcet principal (gestion des modes) ;
- Grafcet automatique (profil trapézoïdal) ;
- Grafcet manuel.

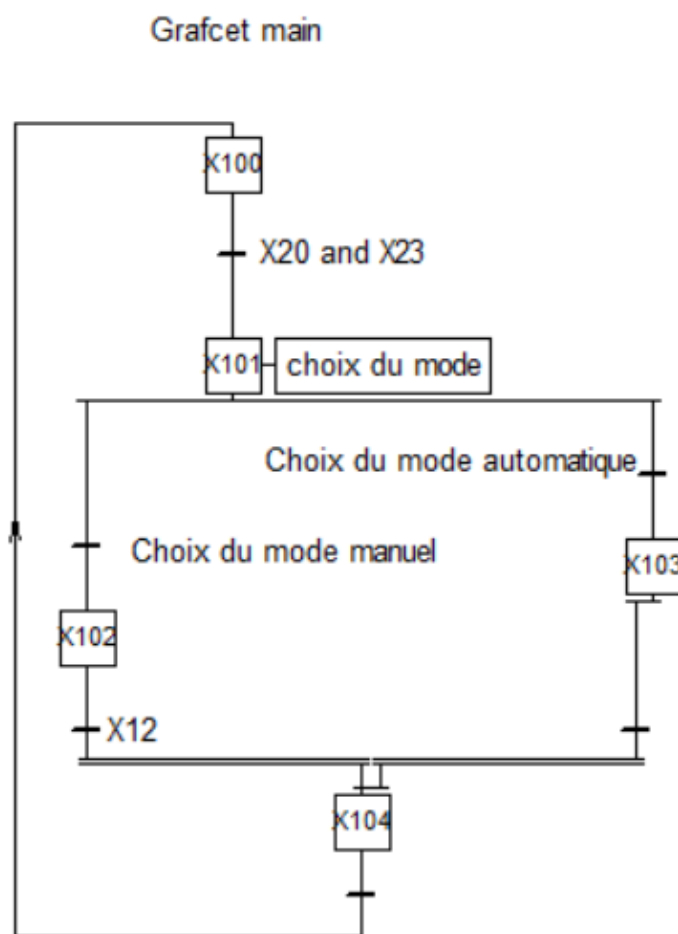


FIGURE 7 – Grafcet principal (main) : gestion des modes

9.2 Grafcet de prise d'origine

Principe :

- l'opérateur déplace le chariot jusqu'à activation du capteur POM ;
- la position est initialisée ($Y = 0$) ;

- une référence X_0 est mémorisée pour disposer d'un repère exploitable.

Grafcet de prise d'origine de mesure

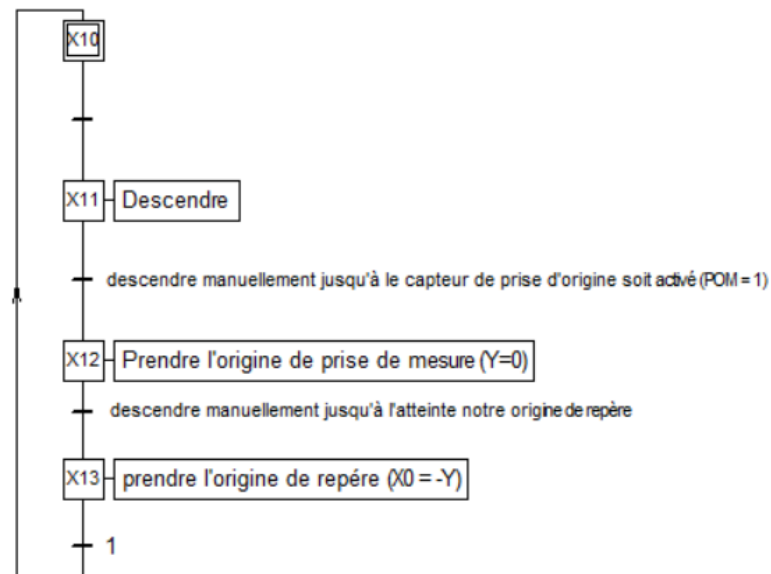


FIGURE 8 – Grafcet de prise d'origine de mesure

9.3 Grafcet avant course (pré-positionnement)

Ce Grafcet met automatiquement le chariot en position de départ :

- retour vers POM puis remise à zéro ;
- déplacement jusqu'à la position de début de course utile ;
- autorisation du cycle automatique.

Grafcet avant course

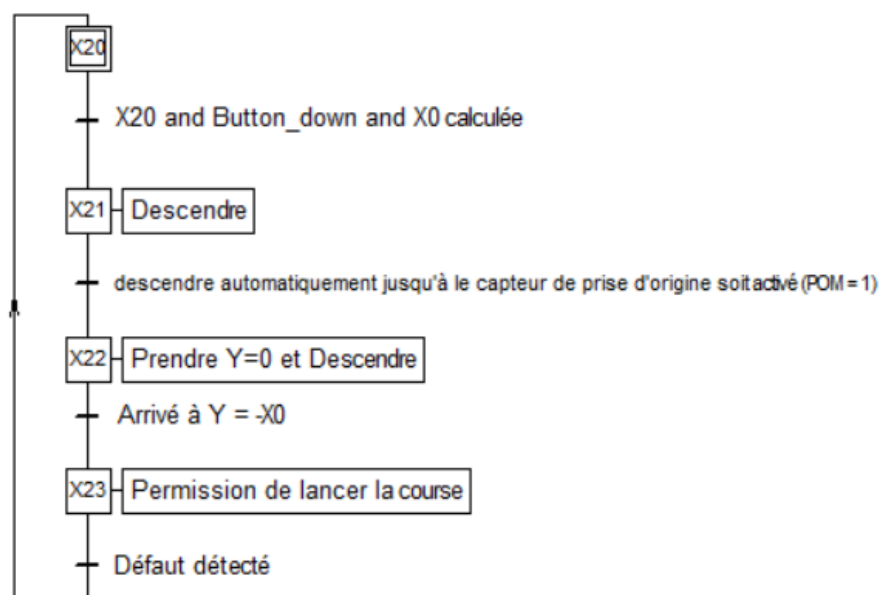


FIGURE 9 – Grafcet de pré-positionnement avant course

9.4 Grafcet de sécurité

Le Grafcet sécurité surveille les défauts (fin de course, incohérence capteurs, temporisations anormales, etc.). En défaut :

- la commande moteur est arrêtée (PWM :=0);
- l'autorisation de redémarrage est conditionnée à une action opérateur.

Sécurité

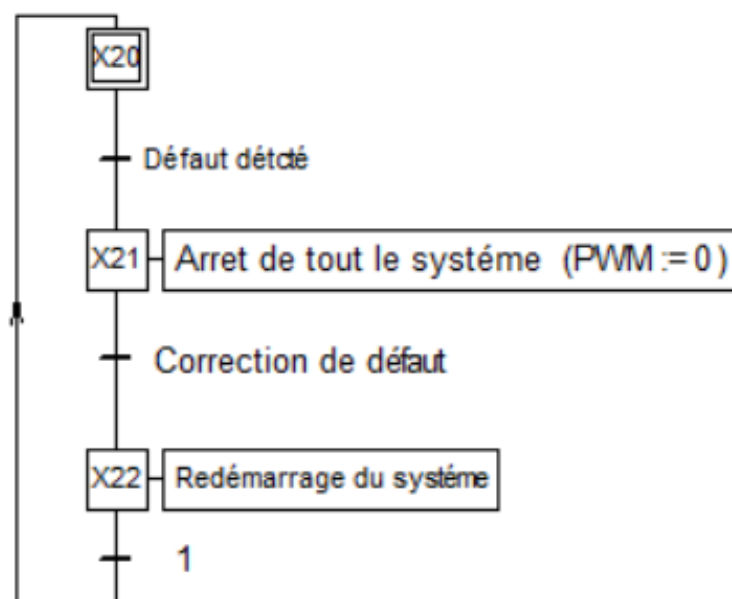


FIGURE 10 – Grafcet de sécurité

9.5 Grafcet automatique (profil trapézoïdal)

Le cycle automatique réalise une montée puis une descente, avec rampes :

- accélération pendant t_a ;
- vitesse stabilisée pendant t_c ;
- décélération pendant t_a ;
- pause éventuelle en haut ;
- descente avec durées éventuellement adaptées.

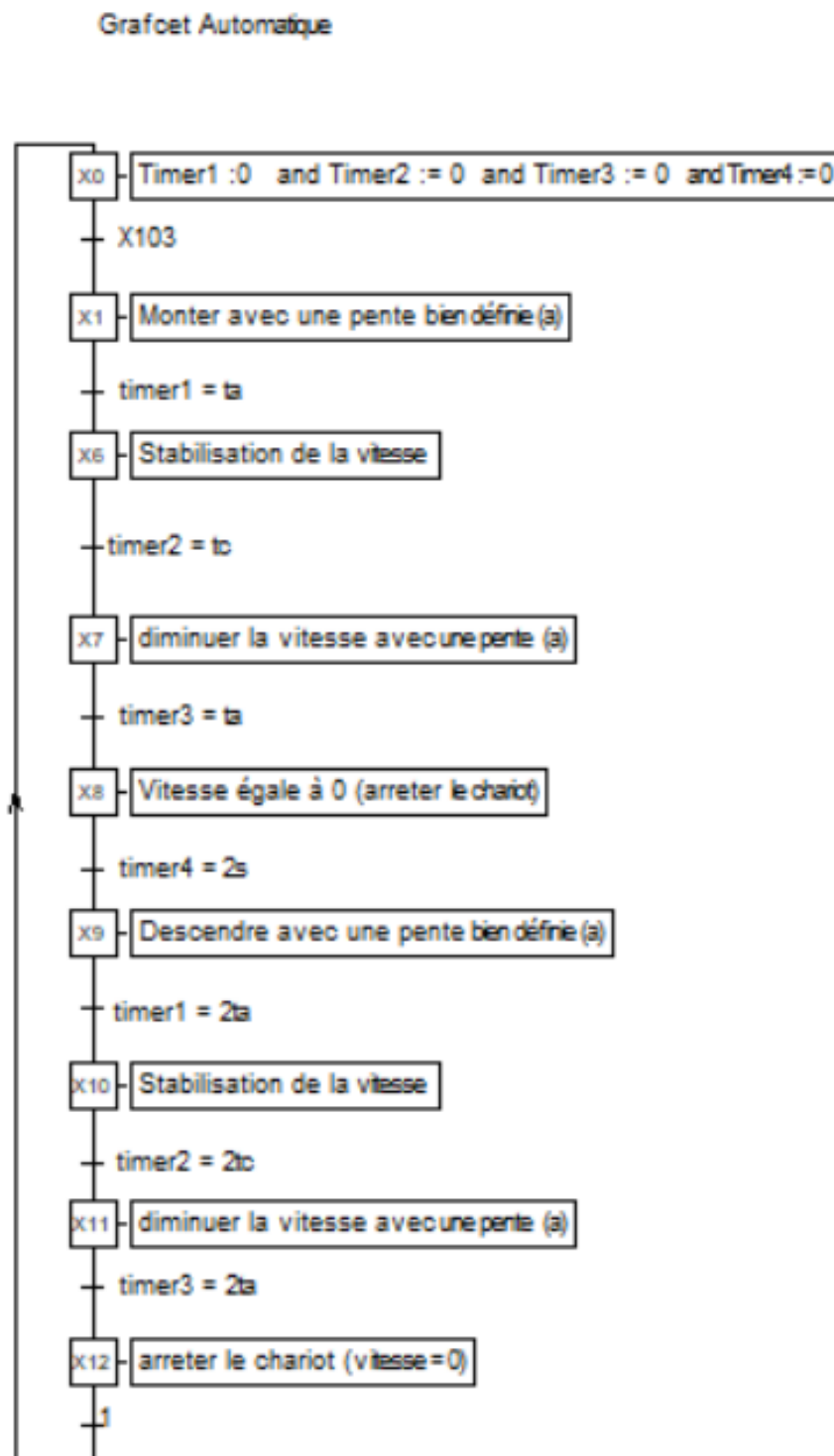


FIGURE 11 – Grafcet automatique

9.6 Grafcet mode manuel

Le mode manuel permet un déplacement à la demande :

- montée tant que `button_up` est actif;
- descente tant que `button_down` est actif;

— retour en attente lorsque l'ordre cesse.

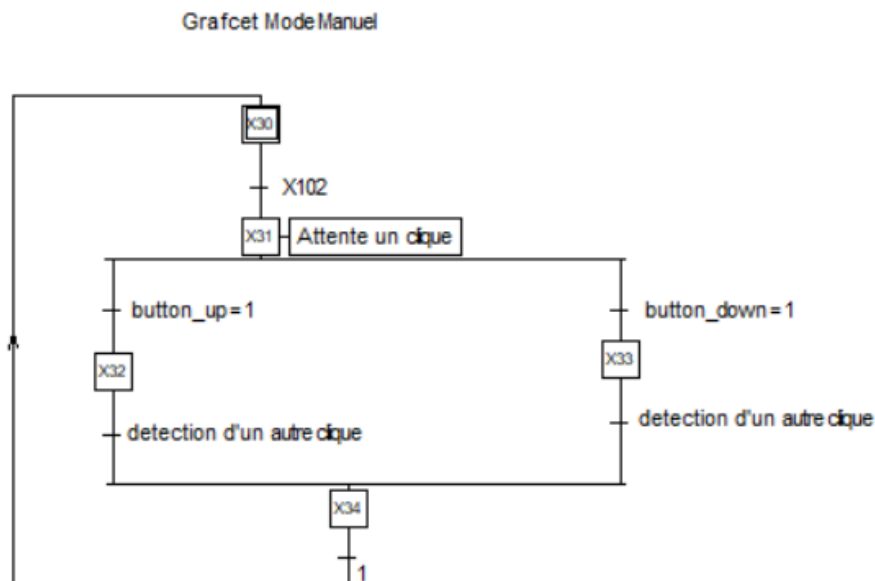


FIGURE 12 – Grafcet mode manuel

9.7 Exemple de logique (pseudo-code) côté automate

```

1 IF (FDC_HAUT == 1) OR (FDC_BAS == 1) THEN
2   PWM = 0;
3   ETAT_SECURITE = 1; // verrouillage
4 END_IF
5
6 IF (ETAT_SECURITE == 1) AND (RESET_SECURITE == 1) THEN
7   ETAT_SECURITE = 0; // autorisation red marriage
8 END_IF
  
```

Listing 1 – Exemple de logique de sécurité (pseudo-code automate)

10 Aide opérateur et exploitation du banc

Cette section synthétise les règles d'exploitation destinées à éviter les fins de course, protéger le moteur et garantir un déplacement fluide.

10.1 Règles de sécurité essentielles

- Définir une course inférieure à la course mécanique maximale.
- Ne pas lancer un test à pleine vitesse au premier essai.
- Vérifier que la glissière est libre (pas d'obstacle, câbles dégagés).
- Surveiller le système durant le premier cycle.

10.2 Procédure recommandée

1. Choisir une course réduite (zone centrale).
2. Choisir une vitesse faible.
3. Choisir une accélération douce.
4. Lancer un premier cycle en surveillance.
5. Ajuster progressivement les paramètres si nécessaire.

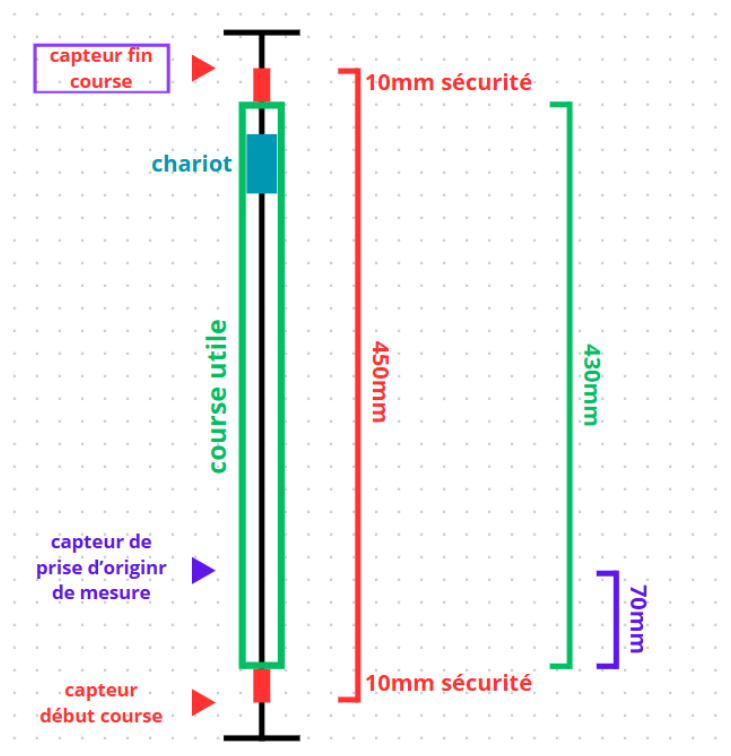


FIGURE 13 – Parcours du chariot (schéma)

10.3 En cas de comportement anormal

- arrêter immédiatement le système ;
- réduire la vitesse et l'accélération ;
- vérifier l'absence d'obstacle ;

- contrôler l'état des capteurs et le réarmement (si disjoncteur déclenché).

11 IHM PC (Qt / QML / Python)

Il est recommandé de se référer à la documentation de connexion en Modbus TCP avant toute manipulation de l'IHM afin d'assurer une utilisation correcte.

11.1 Technologies

Il est recommandé de se référer à la documentation Modbus TCP avant toute manipulation de l'IHM afin d'assurer une utilisation correcte du système.

L'IHM du PC a été développée en utilisant **Python**, **Qt** et **QML** via l'outil **Qt Design Studio**.

Qt Design Studio est un environnement de conception d'interfaces utilisateur (UI) basé sur le langage **QML** (Qt Modeling Language). Il permet aux développeurs et aux designers de créer des interfaces graphiques interactives et animées pour des applications *desktop*, mobiles ou embarquées, sans avoir à écrire manuellement l'intégralité du code QML.

Un projet QML est structuré autour de plusieurs fichiers clés :

- `qmlproject` : fichier principal de configuration du projet.
- `qmlproject.qtds` : fichier complémentaire stockant des paramètres personnalisés spécifiques à Qt Design Studio.

Le projet contient également plusieurs fichiers QML spécialisés, tels que :

- `Constants.qml` : centralise l'ensemble des constantes utilisées dans l'application.
- `EventListModel.qml` : définit un modèle de données pour la liste des événements.
- `EventListSimulator.qml` : simule un flux d'événements dynamiques, utile pour les phases de test ou de démonstration.
- `Backend.qml` : assure le lien entre l'interface QML et le backend écrit en Python ou en C++.

Les fichiers `ui.qml` définissent les composants graphiques de l'interface utilisateur (boutons, zones de texte, etc.). Leur syntaxe est proche de celle du CSS. En complément, les fichiers QML principaux contiennent la logique applicative, reliant les composants graphiques aux actions via du code JavaScript.

La partie **Python** est utilisée pour développer le backend de l'application. Elle gère notamment la logique métier, la manipulation des données ainsi que la communication avec l'IHM.

11.2 Fonctionnement

L'IHM a pour objectif de se connecter à l'automate via le protocole **Modbus TCP**. Elle permet d'afficher en temps réel les données issues de l'automate, telles que :

- X_{max} ,
- C_{max} ,
- Vitesse (W),
- C_p ,
- p ,
- T_1 ,
- T_2 ,
- W_p ,

— Courant.

L'interface affiche également, sous forme de graphiques en temps réel, la vitesse du moteur, le courant du moteur ainsi que la consigne de vitesse (Wp) en fonction du temps. L'ensemble des données acquises est sauvegardé en continu dans un fichier **CSV**.

L'interface comprend notamment :

- Un bouton « *Commencer / Arrêter* » permettant de démarrer ou d'interrompre l'acquisition des données.
- Un indicateur visuel signalant si l'IHM est connectée ou non à l'automate.

La sauvegarde des données débute automatiquement lors du clic sur le bouton « *Commencer* » et s'arrête lors du clic sur « *Arrêter* ». De la même manière, l'affichage des courbes sur le graphique commence et s'interrompt via ces mêmes actions.

Une barre de menu latérale propose quatre options principales :

- **Paramètres de connexion** : ouvre une fenêtre permettant de configurer la connexion à l'automate.
- **Paramètres du moteur** : affiche l'ensemble des données relatives au moteur (vitesse, courant, etc.).
- **Paramètres de sauvegarde** : permet de définir l'emplacement du fichier CSV enregistrant en temps réel la vitesse du moteur et les autres paramètres.

Si un fichier CSV existant est importé, les nouvelles données sont ajoutées à ce fichier. Dans le cas contraire, un nouveau fichier CSV est automatiquement généré.

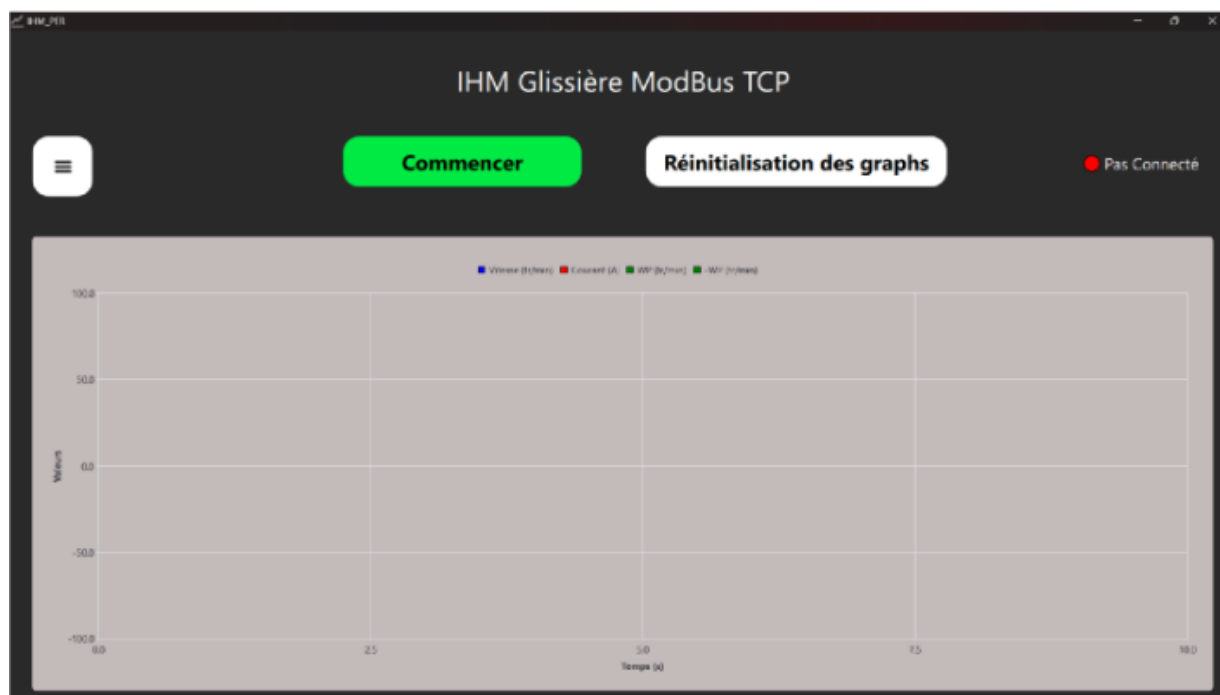
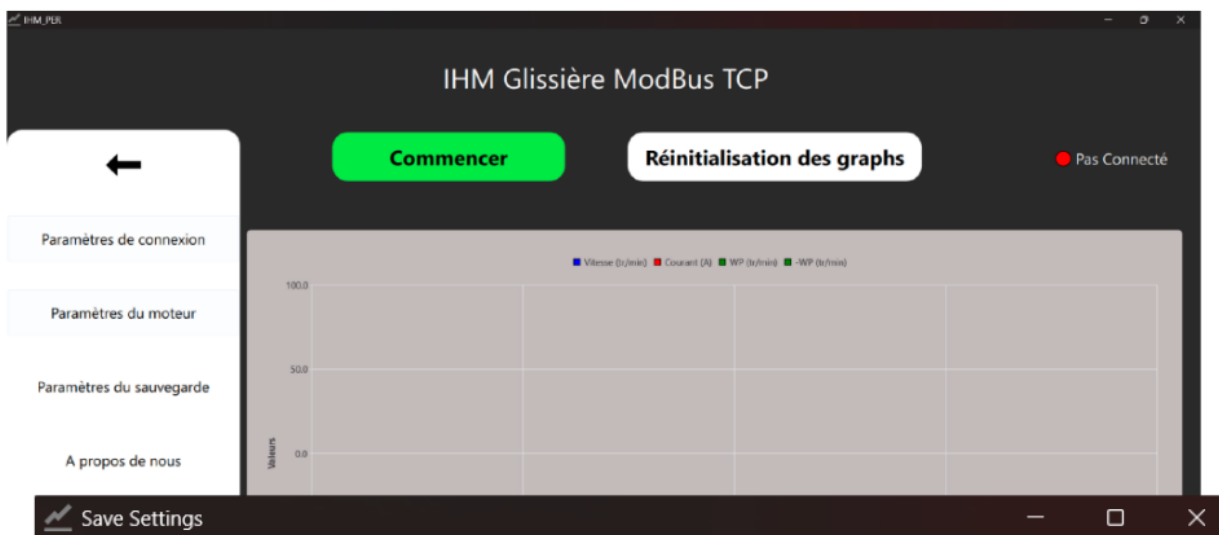


FIGURE 14 – IHM PC – Page initiale



Paramètres de sauvegarde

Chemin vers CSV ...

Appliquer

FIGURE 15 – IHM PC – Paramètres de sauvegarde

Vitesse du moteur : tr/min

Courant du moteur : A

T1 : s

T2 : s

p :

Wp : tr/min

Cmax : m

Cp : m

Xmax : m

FIGURE 16 – IHM PC – Paramètres du moteur

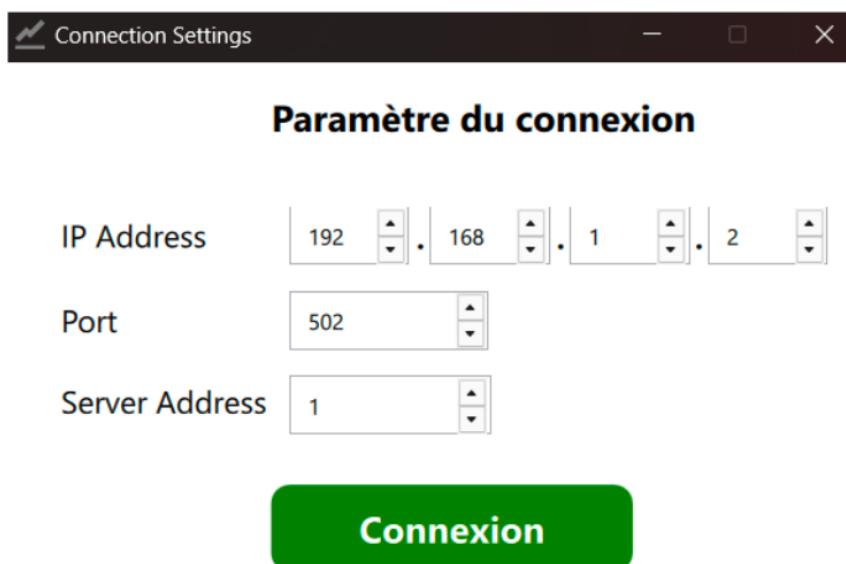


FIGURE 17 – IHM PC – Paramètres de connexion

11.3 Tests réalisés pour l’IHM

Plusieurs tests fonctionnels ont été réalisés afin de valider le bon fonctionnement de l’interface homme-machine.

- **Test du fonctionnement des boutons, des interfaces et des interactions** : validé.
- **Test de la sauvegarde des données au format CSV et de l’import de données depuis un fichier CSV** : validé.
- **Test de la connexion Modbus TCP avec l’automate** : validé.
- **Test de la lecture et de l’écriture des données entre l’IHM et l’automate** : non validé.

11.4 Bilan et travaux à venir

Les tests réalisés ont permis de valider la majorité des fonctionnalités de l’IHM. Toutefois, certaines limitations subsistent et nécessitent des développements complémentaires.

- Corriger et finaliser les méthodes de lecture et d’écriture des données entre l’IHM et l’automate afin d’assurer une communication bidirectionnelle fiable. Cette étape nécessite au préalable la définition et la configuration des registres Modbus dans le logiciel **UniLogic**, avant leur exploitation dans la logique backend de l’IHM.
- Faire évoluer le système de stockage des données en remplaçant le fichier CSV par une base de données locale. Cette évolution permettrait de sécuriser les données, d’améliorer leur gestion et de faire évoluer l’application vers un véritable banc de test.

12 Analyse éthique et responsabilité de l'ingénieur

12.1 Raison d'être : sobriété énergétique et mesure réelle

La sobriété énergétique peut être définie comme une réduction volontaire de la consommation d'énergie. Dans le contexte des systèmes électromécaniques, cela implique d'éviter les solutions « surdimensionnées » et de baser les décisions d'ingénierie sur des mesures fiables.

Le banc de test a précisément pour but de produire des mesures réelles (courant consommé, profils de fonctionnement) afin d'obtenir des indicateurs pertinents et de mieux dimensionner les actionneurs. La problématique associée peut se résumer ainsi :

Comment mesurer la consommation électrique d'un moteur dans des conditions réalistes, tout en explorant ses capacités réelles, afin d'extraire des indicateurs de performance permettant d'éviter le surdimensionnement et de réduire la consommation énergétique ?

12.2 Identification des vulnérabilités et des risques

12.2.1 Risques techniques

Le système électromécanique peut présenter des vulnérabilités :

- surchauffe du moteur en cas de courant élevé ou de blocage ;
- défaillance de puissance (pont en H) ;
- absence/insuffisance de protections mécaniques exposant l'utilisateur ;
- accès non restreint à l'automate/IHM (acceptable en pédagogie, critique en industrie).

12.2.2 Risques humains et sociaux

Dans un contexte pédagogique, l'utilisateur peut être peu expérimenté. Une mauvaise manipulation, ou une modification non maîtrisée des paramètres, peut générer des situations dangereuses. Cela justifie un encadrement, une aide opérateur et des sécurités automatiques.

12.2.3 Risques juridiques

L'usage d'instruments électriques en environnement pédagogique implique des obligations de prévention : information, formation, organisation adaptée et vérification des installations. Une utilisation non conforme pourrait engager la responsabilité de l'établissement.

12.2.4 Risques environnementaux et économiques

Même si l'objectif est de réduire la consommation, un usage incorrect peut accélérer l'usure des composants ou provoquer une surconsommation ponctuelle. À long terme, cela a un impact économique et environnemental.

12.3 Évaluation éthique du projet

12.3.1 Approche technique : sobriété technologique

Le projet repose sur une optimisation des composants existants plutôt que sur l'ajout de matériel. Cette démarche favorise :

- une réduction des ressources nécessaires (matières premières, composants) ;
- une réduction de l'énergie « grise » (fabrication, transport, assemblage) ;
- une meilleure maintenabilité et réparabilité ;
- une réduction potentielle des déchets électroniques.

Cette logique s'inscrit dans une responsabilité environnementale : concilier performance et réduction d'empreinte.

12.3.2 Approche pédagogique : former à l'ingénierie responsable

Le banc place les étudiants face à des mesures réelles, développe l'esprit critique (écart théorie/mesure), et sensibilise aux choix technologiques durables. L'outil dépasse donc la simple finalité technique : il devient un support de formation à l'ingénierie responsable.

12.3.3 Approche humaine : sécurité et supervision

Le pilotage via IHM et les modes de fonctionnement (auto/manuel, sécurité) permettent de limiter les comportements à risque. L'objectif est de renforcer la protection des utilisateurs et de prévenir les incidents.

12.3.4 Approche scientifique : honnêteté et transparence

Mesurer la consommation réelle plutôt que s'en tenir à des valeurs théoriques s'inscrit dans une éthique d'honnêteté scientifique. Cela permet des décisions basées sur des faits et limite le « greenwashing technique ».

12.4 Éthique du care et éthique des vertus

12.4.1 Éthique du care

La démarche prend en compte :

- la sécurité des utilisateurs ;
- la qualité d'apprentissage des étudiants ;
- la réduction d'impact environnemental ;
- l'adaptation à l'usage réel (outil réellement utilisable, encadré et compréhensible).

12.4.2 Éthique des vertus

Le projet mobilise des vertus attendues de l'ingénieur :

- **prudence** : éviter les risques inutiles, encadrer l'exploration des limites ;
- **responsabilité** : intégrer la sécurité et la prévention dès la conception ;
- **honnêteté scientifique** : documenter les essais, accepter des résultats inattendus.

12.5 Recommandations et perspectives d'amélioration

Des améliorations possibles :

- renforcer l'accessibilité (consignes claires, messages de prévention, interface plus inclusive) ;
- ajouter des protections mécaniques (grille de protection ventilée) ;

- compléter la sécurité par des capteurs additionnels (température, capot, arrêt d'urgence);
- définir une procédure de vérification régulière du câblage et de l'installation.

13 Conclusion générale

Ce projet s'inscrit dans le module de S9 PER (Projet Éco-Responsable) qui a pour objectif d'amener les étudiants à travailler sur projet réel. Ce projet est la réponse au besoin d'un client, toutefois la réponse à ce besoin doit se faire de manière éco-responsable, c'est à dire qu'il faut identifier les vulnérabilités et les risques liés au projet, ainsi que d'étudier les façons de répondre au besoin en optimisant l'impacte sur l'environnement, sur l'humain, et s'interroger sur l'éthique du besoin et de son utilité au sein de la société.

Tout au long de ce projet nous nous sommes consacré à l'avancement réel du projet, mais aussi nous avons essayé au mieux de garantir une pérennisation du projet en documentant les avancées et en définissant de nouveaux objectifs pour les repreneurs(es) du projet.

Sur le plan technique, ce projet a permis de concevoir et structurer un banc de test instrumenté basé sur une glissière verticale motorisée. La solution met en œuvre une chaîne complète : mécanique, puissance, mesure, automatisme (Grafcet), supervision via IHM, et dispositifs de sécurité.

Le banc répond à un enjeu concret : disposer de mesures réelles permettant de mieux comprendre la consommation d'un moteur et d'éviter des choix de surdimensionnement. Au-delà de l'aspect technique, le projet s'inscrit dans une démarche d'ingénierie responsable en intégrant sécurité des utilisateurs, sobriété technologique, et finalité pédagogique.