

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Énergie et environnement

*Présenté par : CHABANE SARI Imad-eddine*

Thème

**Modèle de pilotage d'un système  
d'alimentation de poisson**

Soutenu publiquement, le 02 / 07 / 2023 , devant le jury composé de :

|                    |              |              |            |
|--------------------|--------------|--------------|------------|
| Mme N. BENAHMED    | Professeur   | ESSA-Tlemcen | Présidente |
| Mr M. BENNEKROUF   | MCA          | ESSA-Tlemcen | Encadrent  |
| Mr A. KERBOUA      | MCA          | ESSA-Tlemcen | Examineur  |
| Mr S. BELAROUCI    | MCB          | ESSA-Tlemcen | Examineur  |
| Mr D. BENNACER     | Dr/Ingénieur | NAFTAL       | Invité     |
| Mr A. BEN BOUZIANE | Ingénieur    | NAFTAL       | Invité     |

2022/2023

# Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah Tout-Puissant de nous avoir accordé du temps et La puissance du jour nous arrivons aujourd'hui.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance envers mon encadreur, Mohammed Bennekrouf, pour son accompagnement précieux et ses conseils tout au long de ce travail.

Je remercie également le professeur Chiali Anis pour avoir proposé un thème de recherche stimulant et pertinent.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers tous les professeurs qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux ingénieurs Djamel Bennacer et Ben Bouziane Abdelbaki pour leur précieuse collaboration et leur savoir-faire indispensable, décisif pour la réussite du système. Je suis très reconnaissant pour leurs précieuses contributions à ce projet.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement les membres du jury, A. Kerboua, M. Belaroci et N. Benahmed, pour leur évaluation attentive.

# Dédicace

Je présente mon diplôme et la récolte de ce que j'ai cultivé pendant de nombreuses années pour la science à mes parents, qui sont fatigués et s'efforcent de faire tous les efforts pour poursuivre ma carrière éducative jusqu'à ce moment précieux.

Je dédie également cette réalisation à mes frères, Mokhtar et Fouzi, ma sœur et ma famille, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce parcours.

Je tiens à exprimer ma profonde appréciation envers mes cousins Dali Ali Yazid, Zinou Dali Ali et Fares Dali Ali, ainsi qu'envers mes amis, Sofiane Mehadji, Walid Belahrazem, Nabil Sekkal, Anas Sekkal, Yacheur Hanane, Amina Benyoub, Neila kazi tani, Reda Rabehi et Sofiane Henaoui et le reste de mes amis, méritent également ma reconnaissance pour leur amitié et leur soutien constants.

## Résumé :

---

Cette étude se concentre sur le développement d'un système automatisé d'alimentation des poissons en utilisant un automate programmable SIMATIC S7-300. L'automate est programmé à l'aide du logiciel STEP 7 en langage Ladder pour assurer un contrôle précis du processus d'alimentation.

L'objectif principal de cette recherche est de garantir une alimentation régulière et précise des poissons d'élevage en aquaculture en distribuant la quantité adéquate de nourriture de manière automatisée.

**Mot clés :** Système automatisé d'alimentation des poissons, Automate programmable SIMATIC S7-300, CPU 215-2 PN/DP, STEP 7, Langage Ladder

## ملخص

---

تركز هذه الدراسة على تطوير نظام تغذية أسماك آلي باستخدام وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة و لغة Ladder لضمان التحكم الدقيق في عملية التغذية. يتم برمجة وحدة التحكم المنطقية باستخدام برنامج Step 7.

الهدف الرئيسي لهذا البحث هو ضمان تغذية منتظمة ودقيقة للأسماك المزروعة في الزراعة المائية عن طريق توزيع كمية مناسبة من الطعام تلقائيًا.

الكلمات الرئيسية:

لغة STEP7 ، وحدة المعالجة المركزية SIMATIC S7-300 نظام تغذية أسماك آلي، وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة Ladde.

# Abstract

---

This study focuses on the development of an automated fish feeding system using a SIMATIC S7-300 programmable logic controller (PLC). The PLC is programmed using STEP 7 software and the Ladder language to ensure precise control of the feeding process.

The main objective of this research is to ensure regular and accurate feeding of farmed fish in aquaculture by automatically distributing the appropriate amount of food.

**Keywords:** Automated fish feeding system, SIMATIC S7-300 programmable logic controller, CPU 215-2 PN/DP, STEP 7, Ladder language.

---

**Remerciement**

**Dédicace**

**Résumé**

**Table de matière**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale**

Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Chapitre I .....  | 2  |
| 1.1 Introduction  | 2  |
| 1.2 Généralité sur l'aquaculture  | 2  |
| 1.2.1 Définition de l'aquaculture                                       | 2  |
| 1.2.2 Objectif de l'aquaculture   | 3  |
| 1.3 Généralité sur la pisciculture                                      | 4  |
| 1.3.1 Définition de la pisciculture                                     | 4  |
| 1.3.2 L'objectif de la pisciculture                                     | 5  |
| 1.3.3 Les structures d'élevage  | 5  |
| 1.3.3.1 Les étangs  | 5  |
| 1.3.3.2 Les différents types d'étangs :                                 | 6  |
| 1.4 Aperçu des systèmes d'alimentation pour poissons disponibles.       | 12 |
| 1.4.1 Introduction  | 12 |
| 1.4.2 Distributeur automatique de nourriture pour réservoirs de tilapia | 12 |
| 1.4.3 Un système intelligent d'alimentation de poisson                  | 14 |
| 1.4.4 Système aérien d'alimentation des poissons                        | 15 |
| 1.4.5 Une bouée d'alimentation automatisée pour les cages immergées     | 16 |
| Chapitre II .....   | 23 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.1     | INTRODUCTION   | 23 |
| 2.2     | Exigences pour un système d'alimentation efficace                      | 23 |
| 2.3     | Les différents dispositifs de distribution d'aliment pour les poissons | 24 |
| 2.3.1   | Les distributeurs automatiques   | 25 |
| 2.4     | Structure générale du système automatisé                               | 26 |
| 2.4.1   | INTRODUCTION   | 26 |
| 2.4.2   | Les moteurs  | 26 |
| 2.4.2.1 | Moteur triphasé  | 27 |
| 2.4.2.2 | Moteur à courant continu   | 29 |
| 2.4.3   | Les capteurs   | 33 |
| 2.4.3.1 | Définition d'un capteur  | 33 |
| 2.4.3.2 | Classification des capteurs  | 34 |
| 2.4.3.3 | Types des capteurs   | 37 |
| 2.4.4   | Contrôle et automatisation de système                                  | 39 |
| 2.5     | Structure de l'automate programmable                                   | 40 |
| 2.5.1   | Fonctions d'un API   | 40 |
| 2.5.2   | Structure interne et description des éléments d'un A.P.I :             | 41 |
| 2.5.3   | Criteres du choix d'un automate programmable industriel                | 43 |
| 2.5.4   | Présentation de l'automate S7-300                                      | 43 |
| 2.5.4.1 | Définition :   | 43 |
| 2.5.4.2 | Caractéristiques :   | 44 |
| 2.5.5   | Unités centrales (CPU)   | 45 |
| 2.5.6   | Présentation de la CPU 215-2 PN/DP                                     | 46 |
| 2.6     | Logiciel de programmation  | 47 |
| 2.6.1   | Définition de logiciel Step7   | 47 |
| 2.6.2   | Les langages de programmation  | 47 |
| 2.6.3   | Le simulateur PLCSIM   | 50 |
| 2.7     | Conclusion   | 50 |
|         | Chapitre III : Programmation et simulation.....                        | 53 |
| 3.1     | Introduction   | 53 |
| 3.2     | Stade de développement du système proposé                              | 53 |
| 3.2.1   | Description du système   | 54 |
| 3.2.2   | Traduction de cahier de charge   | 54 |

|                            |  |           |
|----------------------------|--|-----------|
| 3.2.3                      | Analyse fonctionnelle du système           | 61        |
| 3.3                        | Création de projet dans le logiciel Step7  | 62        |
| 3.3.1                      | Configuration de la CPU et les modules E/S | 64        |
| 3.3.2                      | Table des mnémoniques.                     | 67        |
| 3.4                        | Écriture du programme                      | 68        |
| 3.4.1                      | Programme en langage contact               | 68        |
| 3.4.2                      | Bloc fonction FC                           | 69        |
| 3.4.3                      | Bloc d'organisation OB 1                   | 72        |
| 3.5                        | Simulations des programmes par S7-PLCSIM   | 73        |
| 3.5.1                      | Simulation bloc fonction FC                | 74        |
| 3.5.2                      | Simulation de bloc OB1                     | 77        |
| 3.6                        | Conclusion                                 | 79        |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b> |  | <b>83</b> |



# Liste des figures

**Figure I.1** : étangs de dérivation.

**Figure I.2** : étangs de barrage.

**Figure I.3** : Raceways en dur tapissés de résine, utilisés en aquaculture marine.

**Figure I.4** : Bassins circulaires utilisés pour la croissance des alevins de Tilapia. Ferme aquacole FATSTEP, Aïn Skhouna (W. de Saïda).

**Figure I.5** : Les cages flottantes.

**Figure I.6** : nourrisseur de poisson.

**Figure I.7** : contrôle de l'heure sur l'écran LCD.

**Figure I.8** : schéma bloc de système.

**Figure I.9** : Modèle du prototype dans logiciel CAO.

**Figure I.10** : Architecture du système.

**Figure I.11** : Section transversale d'une bouée présentant les mécanismes internes d'alimentation.

**Figure I.12** : Production d'énergie solaire et éolienne et antennes.

**Figure I.13** : Schéma de l'instrumentation de la bouée.

**Figure II.1** : Un distributeur automatique.

**Figure II.2** : Éléments de constitution d'une machine asynchrone à cage d'écurieil.

**Figure II.3** : Schéma synoptique d'une machine à courant continue.

**Figure II.4** : Constitution du MCC.

**Figure II.5** : Représentation fonctionnelle de capteur.

**Figure II.6** : Signal analogique.

**Figure II.7** : Signaux numériques.

**Figure II.8** : Valeurs logique.

**Figure II.9** : Capteur fin de course.

**Figure II.10** : Détecteur de proximité inductif.

**Figure II.11** : Détecteur proximité capacitif.

**Figure II.12** : Architecture d'un API.

**Figure II.13** : Architecture réelle d'un API S7-300.

**Figure II.14** : Automate s7 300.

**Figure II.15** : Exemple de programmation en langage à contact.

**Figure II.16** : Exemple de programmation en langage LOG.

**Figure II.17** : Exemple de réseaux en LIST

**Figure III.1** : Organigramme de développement du système.

**Figure III.2** : Moteur asynchrone monophasé PAE series.

**Figure III.3** : Moteur asynchrone monophasé ACE series.

**Figure III.4** : Convoyeur à vis

**Figure III.5** : Vanne fonte à guillotine.

**Figure III.6** : Capteur capacitif.

**Figure III.7** : Capteur de proximité inductif XS

**Figure III.8** : Fenêtre de création de projet.

**Figure III.9** : Création du nouveau projet.

**Figure III.10** : Insertion d'une station SIMATIC 300.  
**Figure III.11** : Insertion d'un rack 300.  
**Figure III.12** : Configuration matériel.  
**Figure III.13** : Table des mnémoniques.  
**Figure III.14** : Bloc d'organisation et fonction.  
**Figure III.15** : Programme détection de niveau bas d'aliment.  
**Figure III.16** : Programme de démarrage de cycle.  
**Figure III.17** : Programme de démarrage du moteur.  
**Figure III.18** : Démarrage du moteur en marche arrière.  
**Figure III.19** : bloc d'organisation OB 1.  
**Figure III.20** : Simulateur PLCSIM.  
**Figure III.21** : Simulation de niveau bas d'aliment dans le silo.  
**Figure III.22** : Simulation de haut niveau d'aliment dans le silo.  
**Figure III.23** : Simulation de l'activation d'électrovanne.  
**Figure III.24** : Simulation de désactivation d'électrovanne.  
**Figure III.25** : Simulation d'activation manuelle de la vanne.  
**Figure III.26** : Simulation bloc organisation.

## Liste des tableaux

**Tableau III-1** : Caractéristique de motoréducteur PAE

**Tableau III-2** : Caractéristique de motoréducteur ACE

## Liste des abréviations

**DC** : Courant continue.

**TOR** : tout ou rien.

**API** : Automate programmable industriel.

**CPU** : central processing unit.

**MPI**: Multi-Point Interface.

**DP**: Decentralized Peripherals.

**PN**: PROFINET.

**DI**: Digital input.

**Do**: Digital output.

**E/S**: Entrées/ sorties.

**FC** : Bloc Fonction.

**OB** : Bloc d'organisation.

**FB** : Bloc fonctionnels.

**SFB** : Blocs fonctionnels système.

**SFC** : Fonction système.

# Introduction générale

L'aquaculture occupe une place essentielle au sein de l'industrie alimentaire mondiale, jouant un rôle crucial dans la production de poissons destinés à la consommation humaine.

Cette pratique englobe l'élevage et la culture d'organismes aquatiques tels que les poissons, les crustacés et les mollusques, dans des environnements contrôlés. Parmi les aspects clés de l'aquaculture moderne est l'alimentation des poissons, qui influence directement leur croissance, leur santé et la qualité des produits finaux.

Dans ce contexte, l'utilisation d'un distributeur automatique de nourriture pour poissons se présente comme une solution pratique et efficace. Un distributeur automatique de nourriture pour poissons est crucial afin d'assurer une alimentation précise et régulière, répondant ainsi aux besoins nutritionnels spécifiques des poissons élevés en aquaculture. Grâce à ses fonctionnalités ajustables, cet appareil joue un rôle essentiel dans l'optimisation de la croissance, de la santé et de la qualité des poissons. Il permet également une gestion efficace des ressources alimentaires et facilite le travail des propriétaires d'aquariums et des exploitants de fermes piscicoles.

Dans le cadre de notre projet, nous avons pour objectif de mettre en place un système automatisé d'alimentation des poissons en utilisant un automate programmable SIMATIC S7-300. L'automate sera programmé à l'aide du logiciel STEP 7 en utilisant le langage Ladder.

Le système automatisé que nous développerons permettra de distribuer la quantité appropriée de nourriture aux poissons à des intervalles prédéfinis. Il assurera une alimentation régulière et précise pour répondre aux besoins généraux des poissons élevés en aquaculture.

Dans notre travail, nous avons organisé notre étude en trois chapitres distincts, chacun abordant des aspects spécifiques de notre projet d'alimentation automatisée des poissons.

**Chapitre I :** Dans ce chapitre introductif, nous présenterons un aperçu global de l'aquaculture et de la pisciculture. Nous examinerons également les différents systèmes d'alimentation automatique disponibles sur le marché et analyserons leurs avantages et leurs limitations. Cela nous permettra de mieux comprendre le contexte dans lequel notre projet s'inscrit.

**Chapitre II :** Ce chapitre se concentrera sur la sélection et la conception d'un système d'alimentation automatisé adapté aux besoins des poissons. Nous étudierons en détail les moteurs, les capteurs, les automates et les logiciels nécessaires pour réaliser notre système.

**Chapitre III :** Dans ce dernier chapitre, nous nous concentrerons sur la programmation du système d'alimentation automatisé en utilisant le langage Ladder sur le logiciel STEP 7. Nous expliquerons les étapes nécessaires pour programmer l'automate. De plus, nous aborderons la simulation du système à l'aide du simulateur PLCsim, ce qui nous permettra de vérifier le fonctionnement du programme avant de le mettre en pratique.

Notre objectif final est de mettre en place un système fonctionnel et fiable qui optimise l'alimentation des poissons, contribuant ainsi à une gestion améliorée de l'aquaculture.

**Chapitre I :**

Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture  
et les systèmes d'alimentation

# **Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation**

---

## **Chapitre I**

### **1.1 Introduction**

L'aquaculture, qui englobe la pratique de la pisciculture, est une méthode de production alimentaire en constante expansion pour répondre à la demande croissante de produits aquatiques.

Ce premier chapitre vise à fournir une vision générale de l'aquaculture et de la pisciculture, en abordant leurs définitions respectives ainsi que leurs objectifs.

De plus, nous examinerons en détail les structures d'élevage utilisées dans l'aquaculture ainsi que les différentes options de systèmes d'alimentation pour les poissons.

### **1.2 Généralité sur l'aquaculture**

#### **1.2.1 Définition de l'aquaculture**

L'aquaculture est une méthode de production qui consiste à élever des organismes aquatiques, tels que les poissons, les mollusques, les crustacés et les plantes aquatiques, en systèmes intensifs ou extensifs. [1]

L'aquaculture englobe toutes les pratiques liées à la culture de plantes et à l'élevage d'animaux dans des environnements aquatiques, qu'ils soient en eau continentale ou marine, dans le but d'optimiser leur rendement et leur qualité de production. [2]

En 2020, la production d'animaux aquatiques à l'échelle mondiale a été estimée à 178 millions de tonnes, ce qui représente une légère baisse par rapport au record historique de 179 millions de tonnes atteint en 2018. [3]



# Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

L'aquaculture est pratiquée à travers une vaste étendue géographique et climatique. Si les activités aquacoles actuelles, basées sur les quatre principaux groupes d'espèces (poissons, mollusques, crevettes et plantes aquatiques), sont développées à toutes les latitudes, l'essentiel de la production est concentré en Asie et dans les pays tropicaux. [4]

La pratique de l'aquaculture comprend plusieurs catégories parmi lesquelles :

- **La pisciculture** est l'activité d'élevage de poissons.
- **La conchyliculture** est l'activité d'élevage de coquillages marins tels que les huîtres, les moules, les praires, les coques
- **La carcinoculture** correspond à l'élevage de crustacés, principalement de crevettes et d'écrevisses
- **L'algoculture** consiste en la culture et la production d'algues.
- **La mytiliculture** est l'élevage des mollusques bivalves de la famille Mytilidés
- **l'échinoculture** est l'élevage des oursins et holothurie. [5]

## 1.2.2 Objectif de l'aquaculture

L'aquaculture consiste à produire des aliments marins de manière durable pour répondre aux besoins en protéines animales d'une population mondiale croissante. Elle contribue ainsi à plusieurs objectifs importants tels que la sécurité alimentaire, la réduction de la pauvreté, la création d'emplois, la protection de l'environnement et la diversification économique des communautés côtières et intérieures. [6]

## 1.3 Généralité sur la pisciculture

### 1.3.1 Définition de la pisciculture

La pisciculture est un type d'aquaculture qui permet l'élevage de poissons dans des espaces clos ou partiellement clos tels que des étangs, des bassins en béton ou en plastique, des nasses ou des cages, ou encore des aquariums. [7]

Ce système de production offre une protection aux poissons contre les prédateurs et permet un meilleur contrôle de leur alimentation, de leur traitement et de leur capture. [7]

La croissance démographique de la population entraîne une augmentation des besoins alimentaires, mais les pratiques de pêche inefficaces limitent la production de poissons, d'où l'importance cruciale de la pisciculture.

La pratique de la pisciculture présente de multiples avantages : [7]

- La pisciculture permet de fournir des protéines animales de grande qualité pour la consommation humaine grâce aux poissons élevés
- La croissance des poissons peut être contrôlée dans un environnement de pisciculture, permettant ainsi de ne sélectionner que les poissons souhaités pour l'élevage.
- Les poissons produits en pisciculture appartiennent au propriétaire et peuvent être récoltés à volonté, contrairement aux poissons sauvages qui peuvent être pêchés par n'importe qui.
- L'utilisation des terres peut être plus efficace grâce à la pisciculture, en utilisant des terres marginales qui ne conviennent pas à l'agriculture mais peuvent être convenablement préparées pour la production de poissons.

## 1.3.2 L'objectif de la pisciculture

L'objectif de la pisciculture n'est pas de remplacer la pêche, mais plutôt de compléter les sources d'approvisionnement alimentaire pour maintenir les niveaux de consommation actuels, en réponse à la croissance de la population mondiale. Toutefois, il est essentiel de poursuivre cet objectif dans le respect des contraintes environnementales, de la santé du consommateur et de la bioéthique. [8]

## 1.3.3 Les structures d'élevage

### 1.3.3.1 Les étangs

Selon Balvay (1980), un étang piscicole est une étendue d'eau artificielle qui est généralement stagnante et peut être vidangée plus ou moins complètement à des fréquences variables. Son objectif principal est de servir d'espace pour l'élevage des poissons. [9]

Les étangs peuvent être de deux types : naturels ou artificiels.

- Etangs naturels : Les étangs naturels se forment généralement dans des zones de dépression ou d'effondrement où l'eau s'accumule.
- Etangs piscicoles artificiels : Les étangs piscicoles artificiels, quant à eux, sont créés par l'activité humaine, soit par des excavations comme les anciennes carrières de gravier ou de sable abandonnées, soit par la conception spécifique d'étangs pour la pratique de la pisciculture. [10]

# Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

## 1.3.3.2 Les différents types d'étangs :

Les étangs d'eau douce destinés à l'élevage de poissons présentent des différences significatives en fonction de divers facteurs tels que la source d'eau utilisée, la méthode de vidange, les matériaux et techniques de construction ainsi que les pratiques d'élevage utilisées. En général, les caractéristiques des étangs sont déterminées par les particularités du site où ils sont construits. [8]

On peut classer les étangs selon :

- L'alimentation en eau.
- Les moyens de drainage.
- Les matériaux de constructions.
- Le type d'utilisation de l'étang.[8]

- **Selon leur alimentation :**

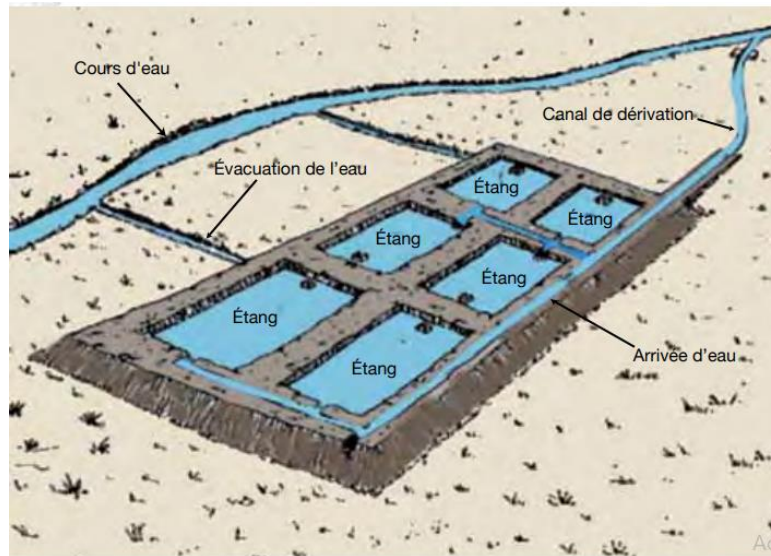
On trouve principalement deux types de structure.

- ✓ Les étangs de barrages
- ✓ Les étangs de dérivation [11]

**a) L'étang de dérivation :** L'étang de dérivation est bâti sur le côté des vallées avec une faible pente, il est alimenté en eau en provenance d'un cours d'eau permanent grâce à un canal. Bien que sa construction soit coûteuse, sa gestion des apports en eau et en nutriments permet une productivité plus élevée que les autres types d'étangs.[09]

# Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

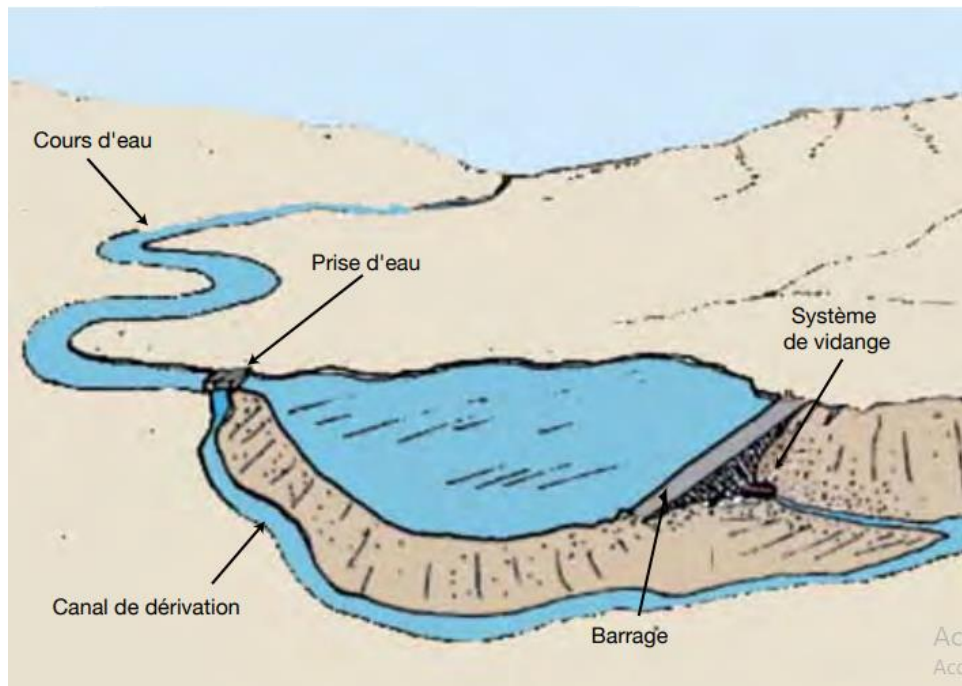


**Figure I.1 :** étangs de dérivation. [09]

## **b) L'étang de barrage :**

L'étang de barrage est créé en construisant une digue en travers du cours d'eau, généralement situé en fond de vallée relativement encaissée.

Selon la source d'eau, il existe différents types d'étangs de barrage, tels que les étangs de source, alimentés par des sources, les étangs de ruissellement, alimentés par l'eau de ruissellement du bassin versant, et les étangs de barrage, alimentés par le débit total du cours d'eau. Si un canal de contournement est aménagé pour les étangs de barrage, il est possible de contrôler l'entrée d'eau dans l'étang et d'améliorer ainsi la productivité et la libre circulation des poissons dans la rivière.[09]



**Figure I.2 :** étangs de barrage. [09]

## 2) Raceways

Permettant une grande capacité de renouvellement d'eau par unité de temps, ce système est utilisé pour l'élevage intensif de poissons en aquaculture, tant en eau douce qu'en milieu marin. Il se présente sous la forme d'un bac rectangulaire de grande longueur, peu large et peu profond.

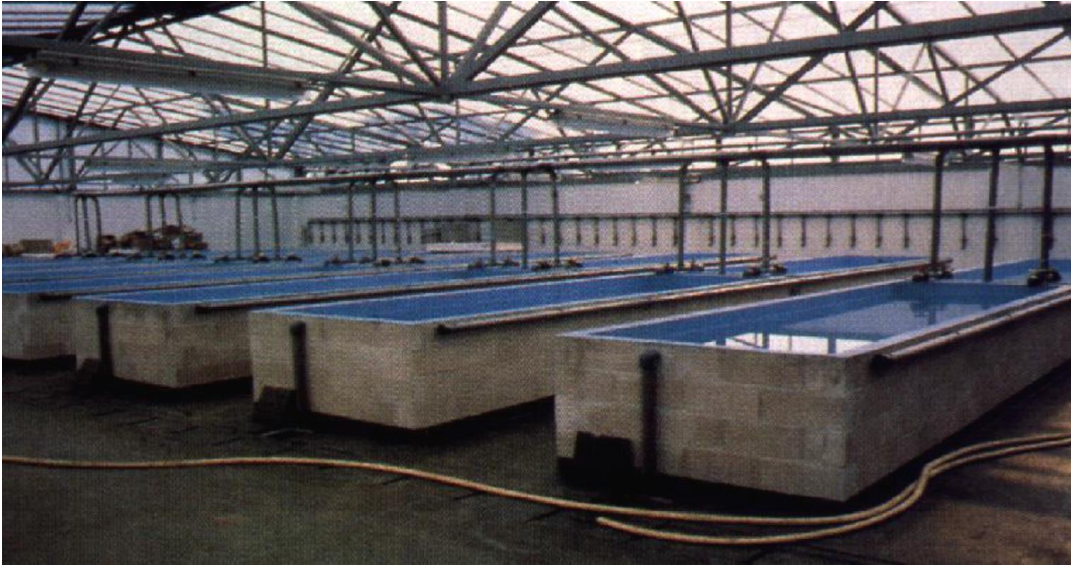
- Long. : Jusqu'à 30 m
- Larg. : 1 - 5 m
- Prof. : 0.50 - 1.50 m

En raison des flux d'eau considérables qui circulent dans ces bassins, leur construction requiert l'utilisation de maçonnerie ou de béton. Des raceways en fibre de verre équipés de systèmes d'arrivée et d'évacuation d'eau sont également disponibles.

## Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

Pour résoudre certains problèmes tels que l'accumulation d'ammoniac et une distribution insuffisante de l'oxygène dissous, il est crucial d'avoir un débit d'eau élevé pour évacuer les déchets, généralement autour de 25-30 cm<sup>3</sup>. [10]



**Figure I.3 :** Raceways en dur tapissés de résine, utilisés en aquaculture marine. [10]

### 3) Bassins circulaires

Les bassins circulaires sont conçus pour recevoir de l'eau tangentielle et la faire évacuer par un trop-plein. Avec une capacité pouvant dépasser les 100 m<sup>3</sup>, ces bassins sont généralement fabriqués en polyester renforcé de fibres de verre ou en fibrociment. Ils sont principalement utilisés pour la croissance des alevins et disposent d'un fond conique pour prévenir l'accumulation de déchets. [10]



**Figure I.4 :** Bassins circulaires utilisés pour la croissance des alevins de Tilapia. Ferme aquacole FATSTEP, Aïn Skhouna (W. de Saïda). [10]

#### 4) Cages flottantes

Actuellement, les cages d'aquaculture ont été modernisées pour un avenir prometteur en raison de leur facilité d'installation, de leur flexibilité de travail et de leurs investissements nettement inférieurs à ceux nécessaires pour les étangs. Elles représentent environ 20 % de la production mondiale de l'aquaculture en eau douce et marine, avec des espèces principales telles que le saumon en eau de mer, le tilapia et le pangasius en eau douce. [10]



## Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---



**Figure I.5 :** Les cages flottantes. [10]

## 1.4 Aperçu des systèmes d'alimentation pour poissons disponibles.

### 1.4.1 Introduction

La croissance et la production en aquaculture dépendent en grande partie de la qualité des systèmes alimentaires et d'alimentation, ce qui concerne l'un des principaux défis à relever dans la gestion de cette activité.

Selon une étude menée par Faridi, Ezri, Saidin et Faizal (2011) [12], il y a deux types de distributeurs automatiques de nourriture pour poissons : les distributeurs fixes et mobiles, chacun ayant une utilité propre en fonction des situations.

Les distributeurs fixes sont adaptés aux propriétaires ayant un seul étang ou aquarium, tandis que les distributeurs mobiles conviennent aux propriétaires ayant deux étangs ou plus. [12]

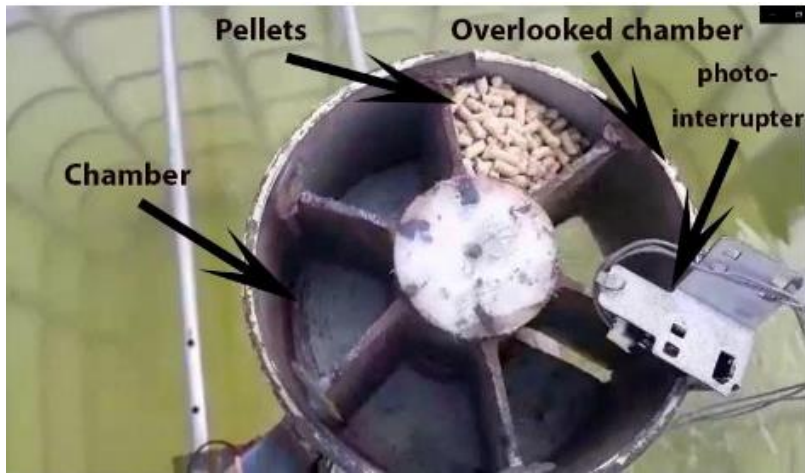
### 1.4.2 Distributeur automatique de nourriture pour réservoirs de tilapia

Un système aquacole à recirculation comprenant un réservoir nécessitait la création d'un distributeur automatique de nourriture spécialement conçu pour nourrir les tilapias. Le mécanisme de distribution de la nourriture était actionné par un moteur à courant continu placé en dessous de la trémie de granulés et la nourriture était déversée dans le réservoir par une porte située au fond du distributeur. [13]

Le prototype est constitué d'un cylindre (figure I.6) capable de contenir entre 147,5 et 310 g de granulés, entraîné par un moteur électrique à courant continu pour une rotation progressive. Il décharge de 29,5 à 62 g d'aliments pour poissons lorsque le moteur à courant continu est testé pendant une rotation séparée par six.

## Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---



**Figure I.6 :** nourrisseur de poisson. [13]

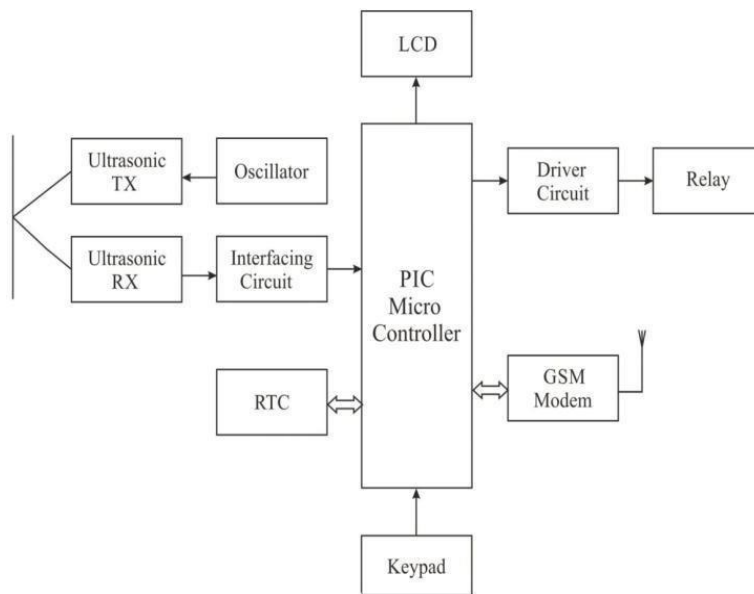
Le cylindre est régulé par un panneau de commande et une horloge à cristaux liquides comme le montre les figures. La rotation de la roue fractionnée, équipée d'une pièce métallique fixée au-dessus du bord de chaque compartiment, active l'interrupteur photoélectrique, interrompant le circuit électrique et stoppant la rotation au compartiment suivant. [13]



**Figure I.7 :** contrôle de l'heure sur l'écran LCD. [13]

## 1.4.3 Un système intelligent d'alimentation de poisson

Un système d'alimentation automatique intelligent pour les poissons a été développé. Ce système est équipé d'un modem GSM qui permet à l'aquariophile d'être alerté en cas de besoin. Le système est composé d'un microcontrôleur PIC, d'un modem GSM, d'un clavier, d'un capteur à ultrasons et d'un moteur à courant continu à engrenages, comme le montre la figure (Figure I.8). [14]



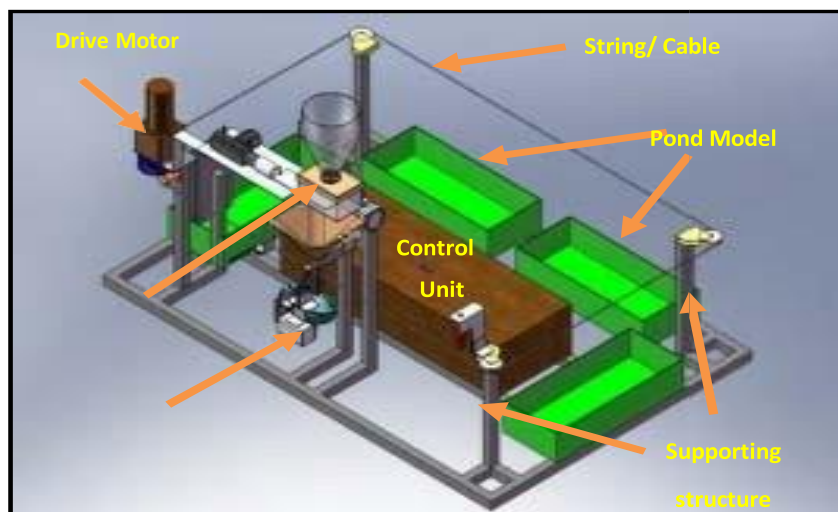
**Figure I.8** : schéma bloc de système. [14]

Le distributeur de nourriture délivre des granulés de poisson à des moments prédéterminés et, si le capteur détecte un niveau de nourriture bas, le contrôleur envoie un message texte via le modem GSM pour alerter l'aquariophile. Cette étude se concentre principalement sur le développement d'un système intelligent d'alimentation pour aquarium domestique. [14]

## 1.4.4 Système aérien d'alimentation des poissons

Le système d'alimentation automatique pour les poissons développés intègre la distribution des aliments en une seule étape.

Ce système est constitué d'une unité d'alimentation, d'une unité de contrôle et d'une unité centrale de remplissage. Un moteur actionne un câble en fibre naturelle pour distribuer la nourriture depuis le haut. [15]



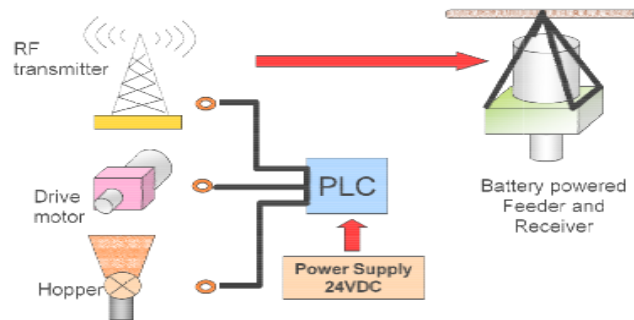
**Figure I.9 :** Modèle du prototype dans logiciel CAO. [15]

Le contrôle du moteur est assuré par un contrôle logique programmable (PLC) qui se base sur la séquence globale de l'opération d'alimentation, incluant le remplissage ou le remplissage du distributeur, puis son transport vers les étangs où les granulés de poisson sont distribués. Le mécanisme offre un accès facile à la zone d'alimentation de l'étang, quelle que soit la disposition de la ferme piscicole, tout en garantissant une distribution précise des quantités de granulés pour poissons. Le prototype d'automate

# Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

utilise le modèle de PLC OMRON CPM1A 20 CDR et est alimenté par une alimentation 24VDC. [15]



**Figure I.10 :** Architecture du système. [15]

## 1.4.5 Une bouée d'alimentation automatisée pour les cages immergées

Un prototype de bouée d'alimentation a été créé pour approvisionner en nourriture un parc à filet immergé dans une région exposée du Golfe du Maine, située au sud des Isles of Shoals, dans le New Hampshire. [16]

Le système se compose d'une bouée de surface pour l'alimentation, de cordages en caoutchouc fixés à une grille immergée, d'un tuyau de transfert d'alimentation, d'une machine de distribution d'alimentation et de composants de télémétrie/contrôle.

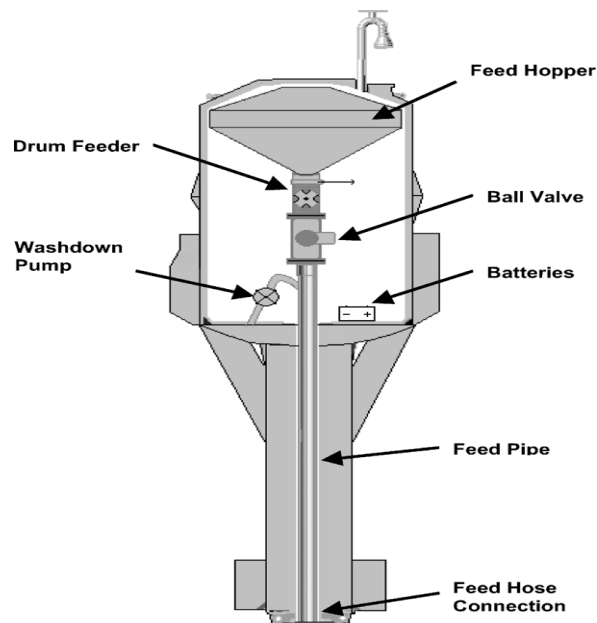
Des éléments flexibles sont utilisés pour amarrer la bouée au-dessus de la cage afin de tenir compte de l'amplitude des marées et des tempêtes. Une petite pompe électrique, alimentée par un générateur éolien et des panneaux solaires, est utilisée pour forcer la nourriture à descendre dans la cage. Le système de contrôle surveille

## Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

et alimente les différentes pompes selon un calendrier défini par l'utilisateur, tout en surveillant le fonctionnement du système d'alimentation électrique.

Des informations de diagnostic et d'état sont envoyées à terre et au chef de projet via une radio à spectre étalé. Le tuyau d'alimentation, équipé de fils conducteurs intégrés enroulés en spirale, transmet l'énergie vers le bas et reçoit des données en retour de l'instrumentation dans la cage à poissons.



**Figure I.11** : Section transversale d'une bouée présentant les mécanismes internes d'alimentation. [16]

La bouée est alimentée grâce à l'énergie solaire et l'énergie éolienne. Pendant les périodes ensoleillées, deux panneaux solaires d'une capacité de 60 W fournissent de l'électricité tandis qu'un générateur éolien fournit de l'énergie lors de vents modérés. [16]

## Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

---

Ces systèmes permettent de charger deux bancs de batteries de 24 V et 105 A h. De plus, un jeu de câbles de charge de secours a été fixé à la bouée pour permettre une charge d'urgence des batteries, Ce jeu de câbles permet une charge d'urgence des batteries en puisant dans une source d'énergie externe si l'énergie solaire et éolienne s'avèrent insuffisantes. [16]



**Figure I.12 :** Production d'énergie solaire et éolienne et antennes. [16]

Le contrôle de la bouée est géré par un microcontrôleur Persistor CF-1 et un panneau de distribution des charges. De plus, deux systèmes radio à spectre étalé sont connectés au



## **Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation**

---

contrôleur pour permettre une surveillance à distance et la collecte de données depuis la terre.

Le premier système utilise des radios série RS-232 de 900 MHz pour surveiller et contrôler directement le microcontrôleur CF-1. Les radios série RS-232 de 900 MHz sont des dispositifs de communication sans fil qui utilisent la fréquence radio de 900 MHz et le protocole de communication série RS-232. Ces radios permettent une transmission bidirectionnelle des données entre le système de surveillance et le microcontrôleur CF-1.

Le deuxième système utilise des radios 802.11b de 2,4 GHz pour suivre en temps réel le comportement alimentaire des poissons à l'aide de deux caméras stratégiquement placées dans les cages. Les radios 802.11b de 2,4 GHz sont des dispositifs de communication sans fil qui fonctionnent sur la bande de fréquences de 2,4 GHz et utilisent le protocole de communication Wi-Fi 802.11b. Ces radios permettent la transmission des données vidéo et des informations sur le comportement des poissons de manière en temps réel, en utilisant les caméras positionnées dans les cages..[16]

# Chapitre I : Aperçu de l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation

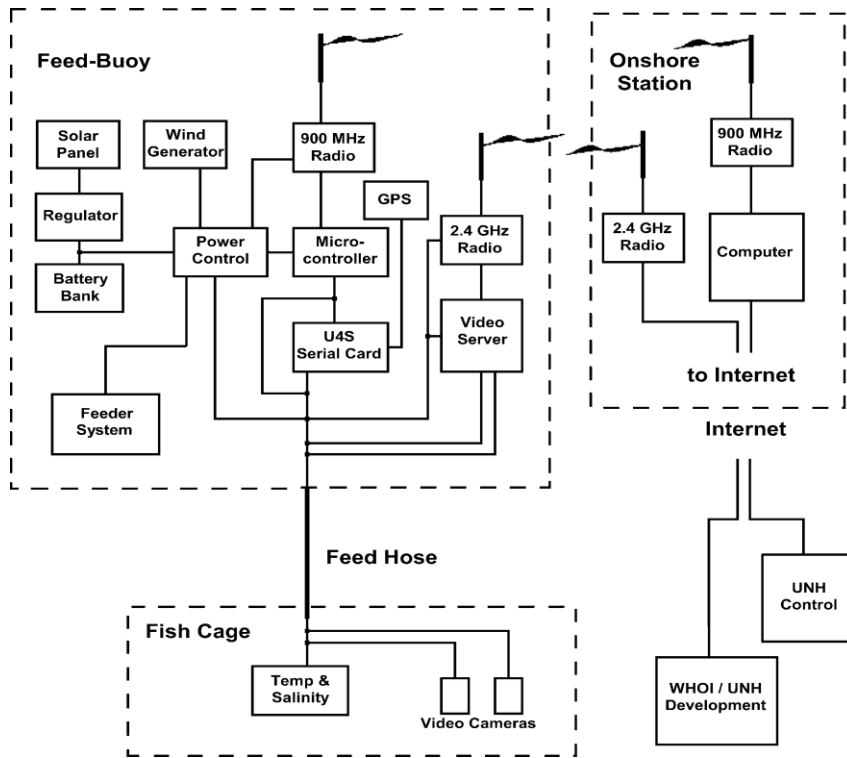


Figure I.13 : Schéma de l'instrumentation de la bouée. [16]

## 1.5 Conclusion

Ce premier chapitre a fourni une introduction complète sur l'aquaculture et la pisciculture. Nous avons défini ces concepts et examiné leurs objectifs respectifs, en mettant en évidence l'importance de ces pratiques pour répondre aux besoins alimentaires mondiaux croissants.

De plus, nous avons exploré les différentes structures d'élevage utilisées en pisciculture.

Dans le chapitre suivant, nous plongerons plus en détail dans l'étude d'un système d'alimentation automatique pour poissons. Nous explorerons les composants essentiels tels que les moteurs, les capteurs et l'unité de contrôle qui composent ce système. Cette analyse approfondie nous permettra de comprendre en quoi ces éléments sont cruciaux pour assurer un approvisionnement en alimentation efficace et automatisé pour les poissons.

## Chapitre II :

Sélection et conception d'un système  
d'alimentation automatisé pour poissons.

## **2 Chapitre II**

### **2.1 INTRODUCTION**

Ce chapitre se concentre sur la sélection et la conception de systèmes d'alimentation automatisés pour poissons dans les exploitations aquacoles. Alors que l'alimentation manuelle peut être chronophage, les dispositifs automatisés, tels que les distributeurs, sont devenus courants pour assurer une alimentation régulière, notamment pour les alevins en production intensive.

Les systèmes d'alimentation jouent un rôle crucial dans la croissance et la santé des poissons. Une alimentation adéquate et régulière est essentielle pour maximiser la production et optimiser l'utilisation des ressources alimentaires. Ce chapitre examine les exigences, les dispositifs de distribution d'aliment, la structure générale et les composants clés des systèmes d'alimentation automatisés.

L'objectif est de formuler des recommandations pour une sélection et une conception optimales, en favorisant une croissance saine et durable des poissons dans les exploitations aquacoles.

### **2.2 Exigences pour un système d'alimentation efficace**

En fonction du choix du système d'alimentation, les exigences peuvent différer. Cependant, pour les systèmes d'alimentation sèche, il est essentiel que le système présente des caractéristiques spécifiquement adaptées à ce type d'alimentation : [17]

- une facilité d'utilisation
- une maintenance minimale
- une tolérance élevée au vent et à la mer pour les fermes offshores
- une capacité à supporter une humidité élevée
- une simplicité de remplissage en aliments
- un calibrage facile pour contrôler la quantité distribuée
- une grande précision de dispersion,
- une faible probabilité de provoquer des ruptures

### **2.3 Les différents dispositifs de distribution d'aliment pour les poissons**

On peut diviser les dispositifs d'alimentation en différents groupes en fonction de leur structure et de leur fonction. Une possible classification serait la suivante :

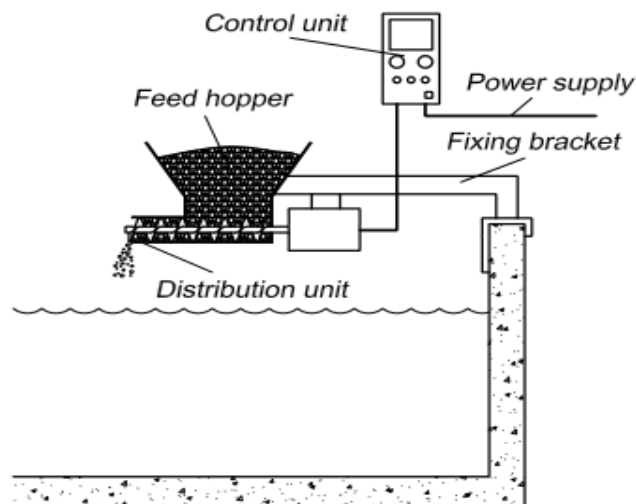
- Souffleurs d'aliments.
- Distributeurs d'aliments.
- Distributeurs d'aliments à la demande.
- Distributeurs automatiques d'aliments, machines d'alimentation.
- Systèmes d'alimentation. [17]

### 2.3.1 Les distributeurs automatiques

Un dispositif automatisé de distribution d'aliments, comme un distributeur automatique, est généralement constitué de quatre éléments essentiels. Tout d'abord, il comprend une trémie qui sert de stockage pour les aliments.

Ensuite, il est équipé d'un mécanisme de distribution qui permet de libérer les aliments de la trémie. Pour que le mécanisme de distribution fonctionne, une source d'alimentation électrique est requise. [17]

Enfin, le système est contrôlé par une unité de commande qui permet de démarrer et d'arrêter le processus de distribution.



**Figure II.1** : Un distributeur automatique. [17]

Les distributeurs automatiques sont conçus pour fournir une quantité d'aliments prédéfinie sur une période donnée, en fonction des besoins. Selon la densité des aliments, ils peuvent être distribués en utilisant le volume ou le poids.

Pour garantir une distribution précise, les distributeurs volumétriques nécessitent une calibration.

Pour assurer une distribution précise d'une masse spécifique d'aliments, il est essentiel de mesurer avec précision la quantité réelle d'aliments distribuée pendant une période donnée.

Cela permet de déterminer le temps nécessaire pour accomplir cette distribution précise

Ces informations sont cruciales pour un dosage précis et efficace de la nourriture. [17]

## **2.4 Structure générale du système automatisé**

### **2.4.1 INTRODUCTION**

Les composants du système sont les éléments clés responsables de l'automatisation du processus d'alimentation des poissons. Les moteurs fournissent la puissance nécessaire pour le mouvement des dispositifs de distribution d'aliment. Les capteurs, quant à eux, jouent un rôle crucial en détectant et en mesurant des paramètres tels que le niveau d'alimentation. Ils permettent d'obtenir des informations pour ajuster le fonctionnement du système et garantir une alimentation précise et appropriée.

L'unité de contrôle est responsable de la coordination et de la gestion de l'ensemble du système. Elle reçoit les données des capteurs, interagit avec les moteurs et prend des décisions en fonction des paramètres prédéfinis et des besoins des poissons. Cette unité assure la synchronisation des différentes actions et garantit le bon fonctionnement global du système d'alimentation automatisé.

### **2.4.2 Les moteurs**

Les machines commutées mécaniquement, qui utilisent des commutateurs physiques pour contrôler le courant électrique, demeurent une solution pertinente dans de nombreuses applications du génie électrique, telles que les actionneurs électromécaniques. Même avec les progrès récents de l'électronique, leur grande fiabilité et leur coût de fabrication relativement faible offrent toujours des avantages



significatifs. C'est pourquoi des recherches sont actuellement menées sur ces machines pour continuer à les améliorer et à les optimiser. [18]

Les moteurs à courant alternatif (AC) et les moteurs à courant continu (DC) se distinguent par leur construction et leur source d'alimentation. Les moteurs AC sont alimentés par du courant alternatif (monophasé ou triphasé), tandis que les moteurs DC utilisent du courant continu provenant de sources telles que des batteries.

Un autre aspect différent est la régulation de la vitesse. Dans les moteurs DC, la vitesse est ajustée en contrôlant la tension d'alimentation, tandis que dans les moteurs AC, elle est régulée en modifiant la fréquence et l'amplitude.

Les moteurs DC sont largement utilisés dans l'industrie en raison des nombreux avantages qu'offre leur construction spécifique : [19]

- Ils offrent une précision et une réactivité élevées.
- La vitesse peut être contrôlée en variant la tension d'alimentation.
- Ils sont faciles à installer, y compris dans des systèmes mobiles alimentés par batterie.
- Ils fournissent un couple de démarrage élevé.
- Les démarrages, arrêts, accélérations et changements de direction s'effectuent simplement.

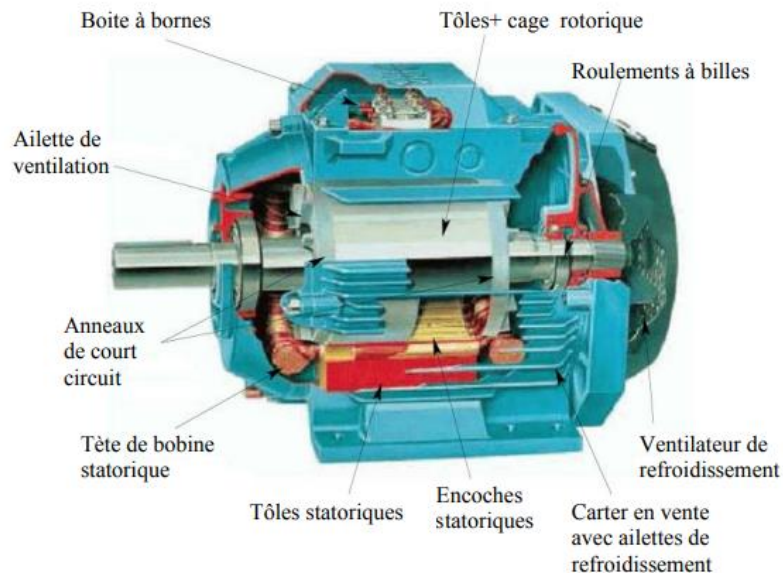
#### **2.4.2.1 Moteur triphasé**

Un moteur triphasé est un type de moteur électrique alimenté par un système de courant alternatif à trois phases. Il est largement utilisé dans diverses applications industrielles en raison de sa fiabilité, de son efficacité et de sa puissance élevée.

**a) Stator :** Est la partie fixe du moteur triphasé. Il est composé de trois enroulements, également appelés bobines, qui sont espacés de 120 degrés les uns des autres. Chaque enroulement est associé à une phase du courant triphasé, ou peut se raccorder en étoile ou triangle. Lorsque le courant triphasé circule dans ces enroulements, ils génèrent un champ magnétique tournant à l'intérieur du stator. [20]

**b) Rotor :** Est la partie rotative du moteur, et il a une forme cylindrique, elle peut être de deux sortes :

- Bobinée (à bagues) munie d'un enroulement généralement triphasé connecté à des bagues sur lesquelles frottent des balais.
- À cage d'écureuil, formée d'un ensemble de bagues conductrices reliées entre elles à chaque extrémité par des anneaux circulaires. [21]



**Figure II.2:** Éléments de constitution d'une machine asynchrone à cage d'écureuil. [21]

### 2.4.2.2 Moteur à courant continu

Les machines à courant continu sont des appareils qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique. Elles peuvent fonctionner de deux manières : en mode moteur, elles utilisent l'énergie électrique pour produire un mouvement mécanique et entraîner une charge, tandis qu'en mode générateur, elles convertissent l'énergie mécanique en énergie électrique pouvant être utilisée pour alimenter des dispositifs électriques.

La figure (II.3) représente un schéma synoptique d'une machine à courant continu.

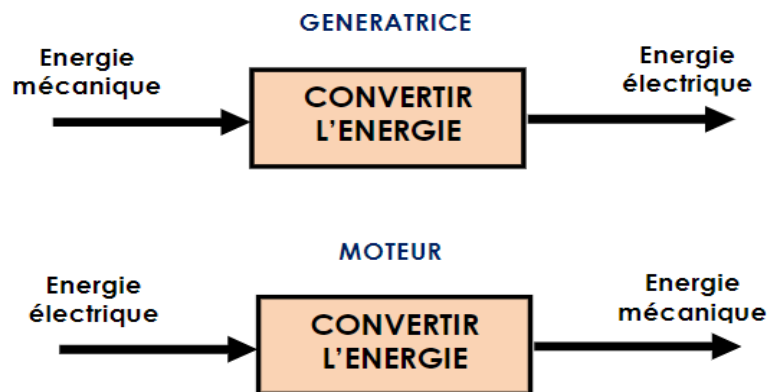


Figure II.3 : Schéma synoptique d'une machine à courant continu.

#### a) Constitution d'un moteur à courant continu

La structure générale d'un moteur à courant continu (voir Figure II.4) est composée des éléments suivants. [22] [23]

- **L'inducteur** : C'est la partie immobile du moteur, qui forme généralement son boîtier externe. Les champs magnétiques nécessaires sont produits soit par des aimants permanents, soit par des électro-aimants.

- **L'induit** : C'est la partie mobile du moteur qui génère le couple utilisé pour entraîner la charge via son arbre. Il est composé d'un ensemble de bobines parcourues par le courant d'induit du moteur.
- **Le collecteur** : C'est le dispositif qui permet, d'une part, de transmettre le courant provenant de l'extérieur (partie fixe) aux bobines du rotor (partie mobile), et d'autre part, de commuter le courant de manière à optimiser sa circulation dans les bobines du rotor.

La figure suivante représente la constitution de machine a courant continue.

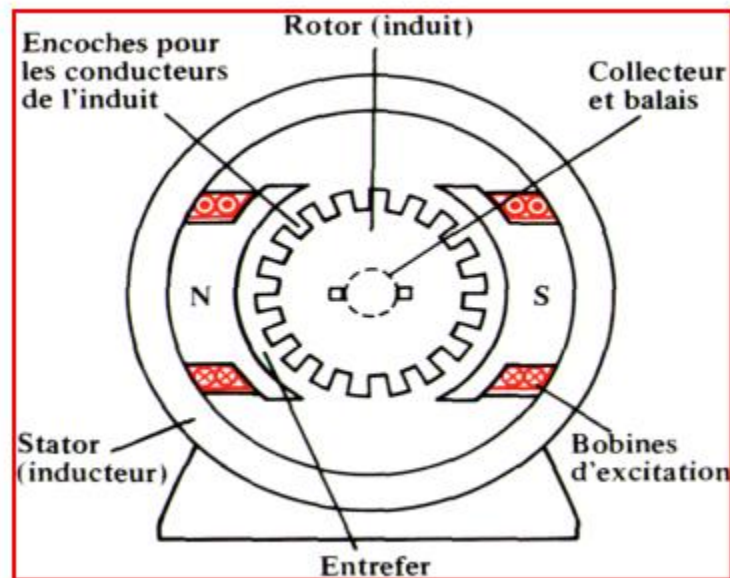


Figure II.4 : Constitution du MCC. [23]

## b) Mode d'excitation

Les moteurs à courant continu sont couramment utilisés dans diverses applications industrielles.

En fonction de leur mode d'excitation

- ❖ Le moteur à excitation série.
- ❖ Le moteur à excitation shunt.
- ❖ Le moteur à excitation séparée.
- ❖ Le moteur à excitation composée

Chacun de ces types de moteurs a ses propres caractéristiques et convient à des applications spécifiques dans le domaine industriel. [24]

### ➤ Excitation série

Un moteur en série se caractérise par une conception dans laquelle l'inductance et l'induit sont connectés en série, ce qui signifie que le courant d'induit est le courant de champ.

Les principales caractéristiques de cette série de moteurs sont les suivantes :

- Il fournit un couple élevé pour les démarrages fréquents, mais le couple diminue à mesure que la vitesse augmente.

En raison de ces caractéristiques spécifiques, cette série de moteurs est largement utilisée dans des applications telles que les grues (treuils, palans, ponts roulants), les ventilateurs et les pompes.

### ➤ Excitation shunt

Dans un moteur à excitation shunt, l'inducteur et l'induit sont connectés en parallèle et alimentés par une seule source de tension continue.

Les principales caractéristiques d'un moteur à excitation shunt sont :

- Il offre un couple constant quel que soit la charge.

Ce type de moteur est largement utilisé dans des domaines tels que les machines-outils et les appareils de levage tels que les ascenseurs, en raison de ses caractéristiques spécifiques.

#### ➤ **Excitation composée**

Dans le mode composé, l'inducteur du moteur est divisé en deux parties, l'une connectée en série et l'autre en parallèle. Les principales caractéristiques d'un moteur à excitation composée sont les suivantes :

- Le moteur à excitation composée combine les avantages du mode série et du mode shunt tout en évitant les inconvénients du mode série.

- Il est adapté aux entraînements nécessitant une grande inertie.
- Le couple du moteur varie considérablement avec la vitesse.

Ce type de moteur trouve des applications dans des domaines tels que les petits moteurs à démarrage direct, les ventilateurs, les pompes, les machines de laminoirs et les volants d'inertie.

#### ➤ **excitation séparée**

Le moteur à excitation séparée est caractérisé par une configuration où l'alimentation de l'enroulement inducteur est distincte de la source d'alimentation de l'induit. Cela présente les caractéristiques suivantes :

- L'inducteur est alimenté par une source indépendante, ce qui offre une grande flexibilité de contrôle et une large plage de vitesses.
- Ce type de moteur est couramment utilisé dans des applications industrielles, notamment en tant que moteur d'asservissement associé à un variateur électronique de vitesse. [24]

Il trouve des applications dans des machines-outils telles que les moteurs de broche et les moteurs d'axe, ainsi que dans des machines spéciales.

Le moteur à excitation séparée offre ainsi des possibilités de contrôle avancées et trouve sa place dans diverses applications industrielles où une précision et une adaptabilité élevées sont nécessaires. [24]

### **2.4.3 Les capteurs**

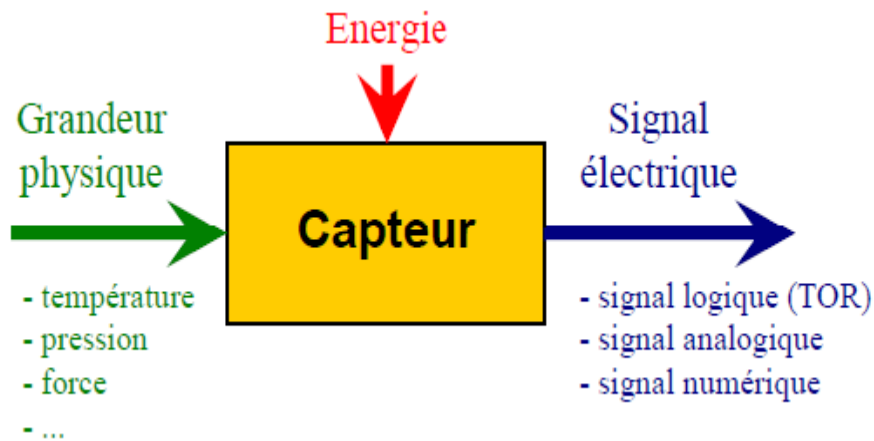
Dans de nombreux domaines tels que l'industrie, la recherche scientifique, le service et les loisirs, le contrôle et la mesure de divers paramètres physiques tels que la température, la force, la position, la vitesse et la luminosité sont encore plus cruciaux. Pour cela, l'utilisation de capteurs est cruciale car ils permettent de quantifier ces grandeurs physiques en fournissant des mesures précises et fiables. [25]

#### ***2.4.3.1 Définition d'un capteur***

Un capteur est un dispositif qui, en présence d'un phénomène physique spécifique, génère une réponse électrique ou une grandeur électrique mesurable appelée "grandeur de sortie" ( $s$ ). Cette grandeur de sortie est directement liée à la grandeur physique d'entrée, également connue sous le nom de "mesurande" ou d'excitation ( $m$ ), et fournit des informations précises sur cette grandeur physique.

$$s=F(m).$$

$s$  est la grandeur de sortie ou réponse du capteur,  $m$  est la grandeur d'entrée ou excitation.[26]



**Figure II.5 :** Représentation fonctionnelle de capteur. [25]

De manière générale, les capteurs peuvent être classés en fonction de deux critères principaux. Tout d'abord, ils varient selon la grandeur physique qu'ils mesurent, telle que la position, la température, la vitesse, la force, la pression, et bien d'autres. Ensuite, les capteurs se distinguent également par le type d'information qu'ils fournissent. On trouve ainsi les capteurs logiques, également connus sous le nom de capteurs tout ou rien (TOR), ainsi que les capteurs analogiques ou numériques. [27]

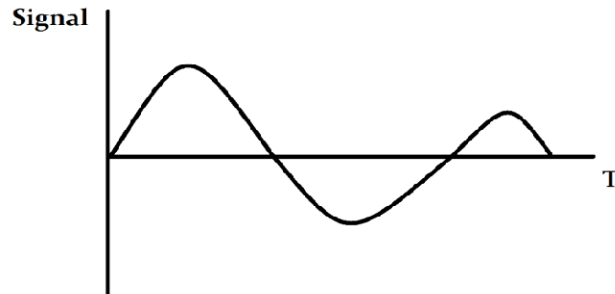
### **2.4.3.2 Classification des capteurs**

#### **❖ Les capteurs analogiques**

Lorsqu'un capteur effectue une mesure d'une grandeur physique, il génère une valeur électrique en retour. Cette valeur peut présenter une variation continue. Les capteurs analogiques sont capables de produire des sorties sous forme de tension ou de courant,



qui peuvent être affichées à l'aide de règles graduées, de cadrans avec des aiguilles, ou encore à travers l'utilisation de jauges contenant des fluides.[28]



**Figure II.6:** signal analogique. [28]

#### ❖ Les capteurs numériques

Les capteurs numériques fournissent une sortie sous forme de valeurs discrètes, tandis que les capteurs analogiques offrent une gamme continue de valeurs.

Les capteurs numériques émettent un signal qui peut prendre différentes formes, comme un train d'impulsions avec un nombre ou une fréquence spécifique, un code numérique binaire ou être transmis via un bus de terrain.

Ces différentes modalités permettent de représenter et de transmettre les données de manière précise et adaptée aux systèmes numériques. [28]

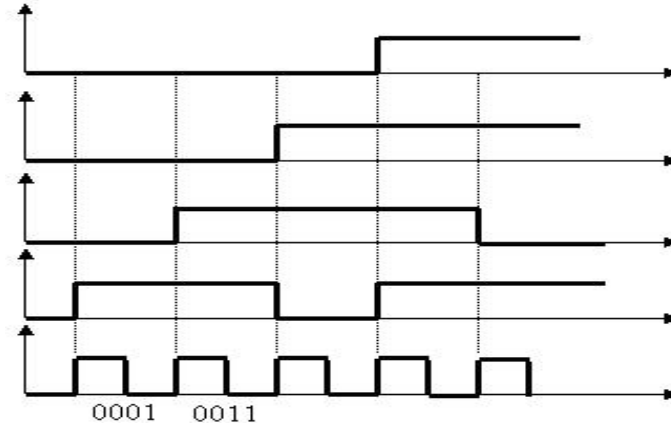


Figure II.7: Signaux numériques. [28]

❖ Les capteurs logiques

Certains capteurs sont de type TOR (Tout Ou Rien), également appelés capteurs logiques. Leur sortie se manifeste par un état logique représenté par les valeurs 1 ou 0. [28]

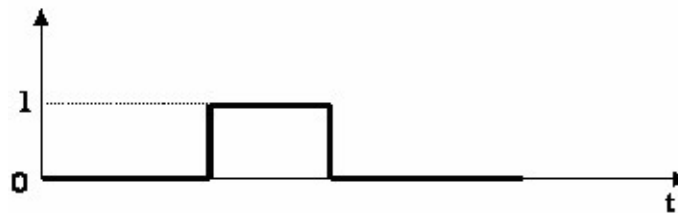


Figure II.8: Valeurs logique. [28]

Ces capteurs logiques peuvent uniquement prendre ces deux valeurs. On distingue quatre types courants de capteurs logiques, tels que la détection de présence/absence

### **2.4.3.3 Types des capteurs**

#### **1) Les capteurs mécaniques**

Les capteurs mécaniques, aussi appelés interrupteurs de position, sont en contact direct avec la pièce en mouvement qu'ils doivent détecter. En appliquant une action mécanique sur la partie mobile du capteur, ils établissent ou interrompent un contact électrique. Ces capteurs transmettent des informations telles que la présence, l'absence, le passage, le positionnement ou la fin de course au système de traitement. [25]

#### **❖ Capteurs de position (fin de course)**

Un interrupteur de fin de course est une forme de capteur de position. Il fonctionne comme un détecteur en générant un signal logique en sortie qui présente deux états distincts (tout ou rien). Pour détecter un objet, l'interrupteur de fin de course requiert un contact direct avec celui-ci, ce contact étant établi au niveau de l'organe de commande. [26]



**Figure II.9 :** Capteur fin de course. [26]

## 2) Capteurs de proximité

Un détecteur de proximité est un élément de mesure qui détecte la présence d'un objet à proximité sans entrer en contact avec l'objet. La détection s'effectue par l'effet physique de l'objet sur le détecteur sans contact. Il existe 4 techniques [26] :

### ❖ Détecteurs de proximité inductifs :

Les capteurs de proximité inductifs détectent les objets en fonction de leur influence sur le champ magnétique émis par le détecteur. Ils sont capables de détecter tout objet qui affecte ce champ magnétique. Cependant, il est important de noter que les capteurs de proximité inductifs ne sont capables de détecter que des objets métalliques, et ils ne seront pas en mesure de détecter des objets non métalliques.



**Figure II.10** : Détecteur de proximité inductif. [26]

### ❖ Capteur de proximité capacitif :

Les objets sont détectés en raison de leur influence sur le champ électrique émis par le capteur.

Un détecteur de proximité capacitif est spécialement conçu pour détecter la présence d'objets qui affectent un champ électrique. Par conséquent, ce type de détecteur est

capable de détecter des objets dont la constante diélectrique relative diffère de celle de l'air, ainsi que des objets métalliques qui altèrent la configuration du champ électrique.



**Figure II.11:** Détecteur proximité capacitif. [26]

Il existe d'autre type de detecteur de proximité notamment :

- Détecteurs de proximité photoélectriques : Détectent les objets par leur influence sur un faisceau de rayonnement optique.
- Détecteur de proximité à ultrasons : Détecte les objets par leur influence sur les ondes ultrasonores émises par le détecteur. [26]

#### **2.4.4 Contrôle et automatisation de système**

Le contrôleur joue un rôle essentiel dans le système d'alimentation automatique des poissons, similaire à celui du cerveau humain. Sa fonction principale est de gérer les données d'entrée et de transmettre des instructions précises au système d'alimentation pour distribuer la nourriture à l'heure préétablie et avec la quantité appropriée.

Les automates programmables agissent comme le centre de contrôle du système, en gérant les données d'entrée et en transmettant des instructions précises au système d'alimentation.[17]

## 2.5 Structure de l'automate programmable

De nos jours, l'automate programmable industriel (API) représente la composante de commande (PC) présente dans les systèmes automatisés.

### 2.5.1 Fonctions d'un API

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique doté d'une mémoire programmable par l'utilisateur à l'aide d'un langage spécifique, il est utilisé pour diverses fonctions spécifiques, telles que : [29]

- L'automate programmable industriel (API) est capable de stocker des instructions internes comprenant diverses fonctions d'automatisation, telles que :
  - ✓ la logique séquentielle et combinatoire
  - ✓ la temporisation
  - ✓ le comptage, le décomptage et la comparaison
  - ✓ le calcul arithmétique, le réglage, l'asservissement, la régulation, et bien d'autres.

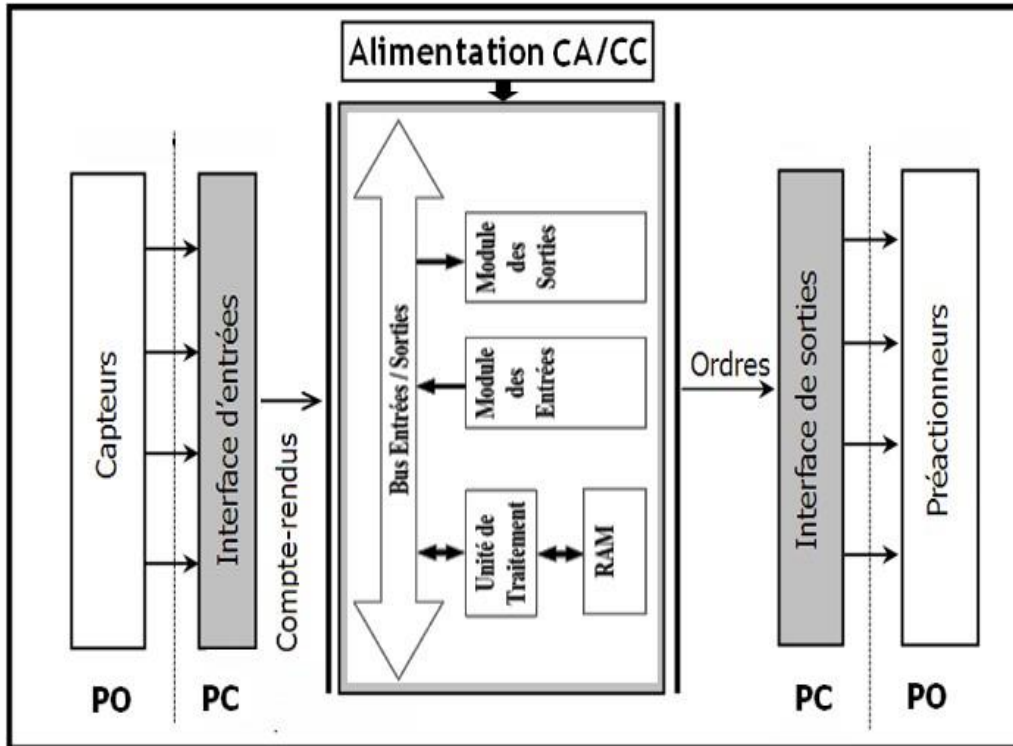
Ces fonctionnalités permettent à l'API d'exécuter des tâches spécifiques et d'automatiser différents aspects des processus industriels

- L'objectif est de superviser, évaluer et réguler diverses machines ou processus dans un environnement industriel en utilisant des modules d'entrée/sortie.

Un automate est un dispositif conçu pour être intégré dans un processus industriel, capable de s'adapter à différentes situations, qu'elles soient d'ordre humain ou technique. Son déploiement sur site ainsi que son utilisation continue exigent une grande adaptabilité. Son principal objectif consiste à assurer la commande des procédés et à fournir des informations précieuses pour l'exploitation de la station. [29]

### 2.5.2 Structure interne et description des éléments d'un A.P.I :

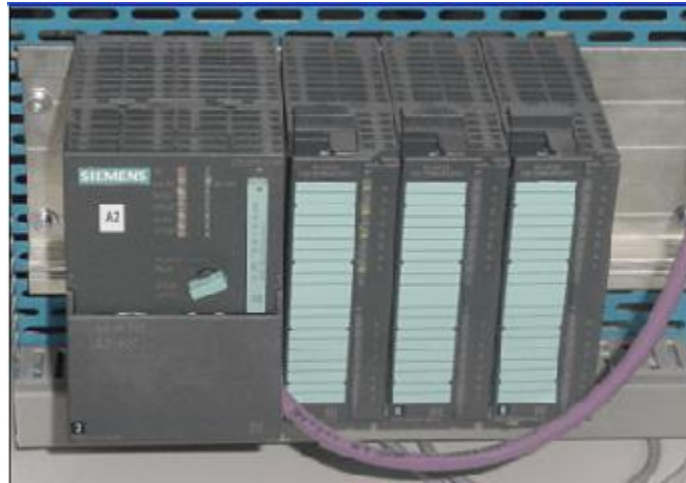
La structure interne d'un API peut se représenter comme suit [30] :



**Figure II.12** : Architecture d'un API.

L'automate programmable reçoit les données concernant l'état du système et agit ensuite sur les préactionneurs en fonction du programme enregistré dans sa mémoire. Ainsi, un automate programmable industriel se compose généralement de quatre éléments principaux :

- Le processeur
- La mémoire
- Les interfaces d'entrées/sorties
- L'alimentation



**Figure II.13** : Architecture réelle d'un API S7-300.[30]

❖ **Le processeur :**

Un élément essentiel est la CPU, chargée d'exécuter les instructions qui composent le programme de l'application, telles que les opérations logiques ET, OU et les fonctions de temporisation. En plus de cette tâche fondamentale, elle remplit d'autres fonctions importantes :

- Gérer les entrées/sorties.
- Surveiller et diagnostiquer l'automate en effectuant une série de tests lors de la mise sous tension ou périodiquement pendant son fonctionnement.
- Interagir avec le terminal de programmation pour écrire, déboguer et effectuer des ajustements ou des vérifications de données pendant l'exploitation.

❖ **Une mémoire** : La mémoire est utilisée pour stocker les instructions qui composent le programme de fonctionnement de l'automate.



- ❖ **Les interfaces d'entrées/sorties** : permettent une intégration directe de l'automate dans l'environnement industriel en établissant des connexions entre le processeur et le processus.
- ❖ **Le module d'alimentation** : la plupart des automates utilisent un bloc d'alimentation fournissant une tension de 24V DC .[30]

### 2.5.3 Critères du choix d'un automate programmable industriel

Le choix d'un automate programmable industriel (API) se fait en fonction des besoins identifiés dans le cahier des charges. Plusieurs critères doivent être pris en compte, tels que :

- Le nombre et le type d'entrées/sorties intégrées.
- Les fonctionnalités de traitement nécessaires (temporisation, comptage, etc.).
- Les options de dialogue et le langage de programmation disponibles.
- La capacité de communication avec d'autres systèmes.
- Les méthodes de sauvegarde du programme.
- La fiabilité, la robustesse et l'immunité aux interférences électromagnétiques.

[30]

Dans notre cas on a utilisé l'automate programmable industriel S7-300

### 2.5.4 Présentation de l'automate S7-300

#### 2.5.4.1 Définition :

Le Simatic S7-300 est un système modulaire de contrôle et d'automatisation programmable qui fait partie de la famille de produits Simatic S7 de Siemens. Il est conçu pour être utilisé dans des applications industrielles diverses, allant de la

commande de machines simples à des systèmes de contrôle de processus complexes.  
[31] [32]



**Figure II.14 :** Automate s7 300.

#### **2.5.4.2 Caractéristiques :**

**Modularité :** Le Simatic S7-300 se compose d'un rack (châssis) qui offre une modularité permettant d'intégrer des modules d'E/S et des modules fonctionnels. Cette flexibilité de configuration permet d'adapter le système aux besoins spécifiques de chaque application.

**Performance :** Le Simatic S7-300 est connu pour sa grande puissance de traitement et sa réactivité exceptionnelle, ce qui en fait un choix idéal pour les applications qui exigent un contrôle en temps réel et des performances élevées.

**Communication :** Le Simatic S7-300 offre une compatibilité avec différents protocoles de communication, tels que Profibus DP, Profinet, MPI (Multi-Point Interface) et Ethernet. Cette fonctionnalité facilite l'intégration du système avec d'autres équipements tels que des capteurs, des actionneurs et des interfaces utilisateur.

**Programmation** : Le Simatic S7-300 offre la possibilité de programmation à l'aide du logiciel STEP 7, permettant aux utilisateurs de créer des programmes de contrôle en utilisant des langages de programmation graphiques (langage à contacts) ou textuels (langage de blocs fonctionnels et langage de listes d'instructions). Cette flexibilité de programmation permet une adaptation aux préférences et aux besoins spécifiques des utilisateurs.

**Fonctions de diagnostic** : Le système offre des fonctionnalités de diagnostic avancées, telles que la surveillance en temps réel, la détection d'erreurs, le suivi des variables et la gestion des alarmes. Cela facilite la maintenance et le dépannage rapides du système.

**Extensions** : Le Simatic S7-300 offre la possibilité d'extension avec des modules optionnels pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires telles que la communication sans fil, une interface utilisateur avancée, le contrôle de mouvement et les fonctions de sécurité. Cette capacité d'extension permet aux utilisateurs d'adapter le système à leurs besoins spécifiques et d'exploiter pleinement ses fonctionnalités avancées.. [31] [32]

### 2.5.5 Unités centrales (CPU)

La CPU, également connue sous le nom d'Unité Centrale de Traitement, est l'élément essentiel de l'automate programmable. Elle effectue plusieurs rôles fondamentaux dans son fonctionnement.[33]

- La CPU est chargée de la lecture des signaux d'entrée provenant des capteurs connectés à l'automate, ce qui lui permet de collecter les informations nécessaires.
- Elle exécute le programme utilisateur en suivant les instructions programmées, ce qui lui permet d'effectuer les actions requises en fonction des signaux d'entrée.
- La CPU contrôle les sorties en envoyant des commandes aux dispositifs de sortie tels que les moteurs, les vannes, etc., afin d'effectuer les opérations souhaitées.

Dans mon système, j'ai choisi le CPU 315-2 PN/DP. Ce dernier est une version spécifique du S7-300 qui offre des performances avancées et des fonctionnalités étendues.

### 2.5.6 Présentation de la CPU 215-2 PN/DP

Le module CPU 315-2 PN/DP est un contrôleur programmable de la famille SIMATIC S7-300 de Siemens, conçu pour l'automatisation industrielle. Ce module est équipé de deux interfaces de communication : X1 et X2. [34]

X1 : MPI/DP (Multi-Point Interface/Decentralized Peripherals) :

- MPI (Multi-Point Interface) : MPI est un protocole de communication utilisé pour la communication interne entre les modules d'un système SIMATIC S7-300. Il permet de connecter et de communiquer entre les différents modules, tels que le module CPU, les modules E/S décentralisées, les modules de communication, etc.
- DP (Decentralized Peripherals) est un protocole de communication utilisé pour la communication entre le module CPU central et les périphériques décentralisés tels que les capteurs, les actionneurs et les modules E/S décentralisées.

La combinaison de MPI/DP sur l'interface X1 signifie que le module CPU 315-2 PN/DP prend en charge à la fois la communication interne entre les modules et la communication avec les périphériques décentralisés.

X2: PN/IO (PROFINET/Input-Output) :

PROFINET est un protocole de communication industriel basé sur Ethernet qui permet une communication en temps réel entre les différents équipements d'automatisation. Il offre des fonctionnalités avancées telles que la transmission de données rapides et la configuration automatique des périphériques.

PN/IO indique que l'interface X2 prend en charge la communication PROFINET pour l'E/S

(Input-Output). Cela signifie que le module CPU 315-2 PN/DP peut être utilisé pour communiquer avec d'autres équipements compatibles PROFINET, tels que des contrôleurs, des variateurs de vitesse, des panneaux de commande.

## **2.6 Logiciel de programmation**

### **2.6.1 Définition de logiciel Step7**

STEP7 est un logiciel essentiel pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC et fait partie de la suite logicielle SIMATIC utilisée dans l'industrie. La version 5.6 est largement utilisée. STEP7 fournit des fonctions supplémentaires pour les applications sur les systèmes SIMATIC S7-300/400, notamment : [35]

- L'extension est possible grâce aux applications fournies par la suite logicielle SIMATIC.
- Extension du logiciel de base STEP7.
- Paramétrage des blocs fonctionnels et des blocs de communication
- Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels.
- Configurez la connexion.

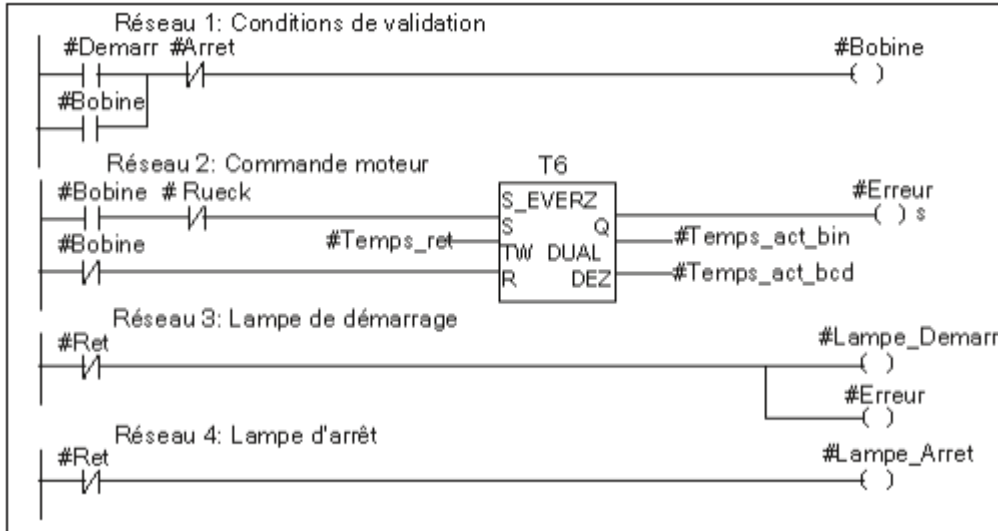
### **2.6.2 Les langages de programmation**

L'éditeur de programme du logiciel STEP7 propose plusieurs langages de base tels que CONT, LIST et LOG. [35]

- ❖ CONT (Schéma à contacts)

Le langage de programmation CONT (schéma à contacts) utilise une représentation qui s'inspire des schémas de circuits. Ce langage regroupe les éléments d'un schéma de

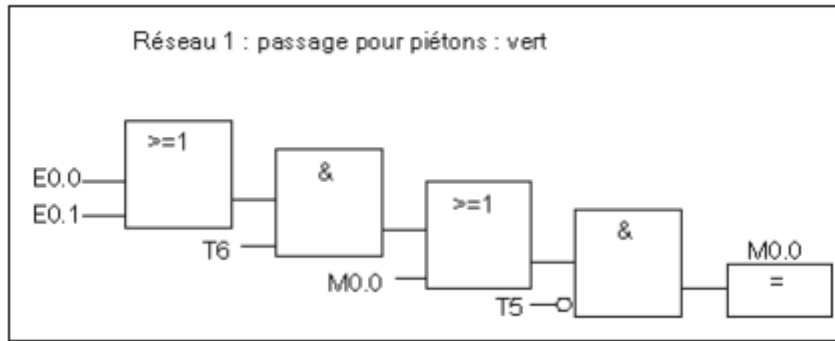
circuit, comme les contacts à fermeture et à ouverture, dans des réseaux. Ces réseaux, qui peuvent être un ou plusieurs, composent la section d'instructions complète d'un bloc de code.



**Figure II.15** : Exemple de programmation en langage à contact. [35]

#### ❖ 2.6.4.2 Langage de programmation LOG

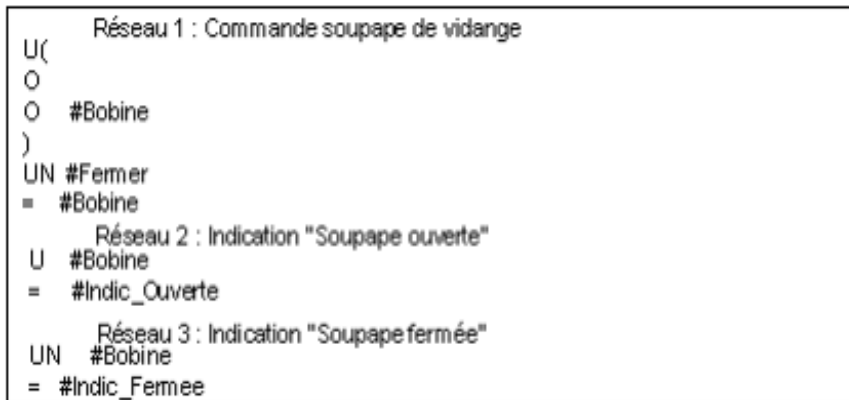
Le langage de programmation LOG, également connu sous le nom de logigramme, est un langage graphique utilisant des portes logiques de l'algèbre de Booléen. La base de ce langage repose sur la logique binaire, mais il permet également d'effectuer des opérations plus complexes, telles que des opérations mathématiques, qui peuvent être combinées directement avec les portes logiques.



**Figure II.16 :** Exemple de programmation en langage LOG. [35]

❖ Le LIST

Le langage de programmation LIST, aussi appelé Instruction List, est un langage textuel qui ressemble au langage machine. Chaque instruction dans ce langage représente une étape dans l'exécution du programme par le processeur. Il permet de décrire précisément les actions à réaliser pendant l'exécution du programme.



**Figure II.17 :** Exemple de réseaux en LIST[35]

### 2.6.3 Le simulateur PLCSIM

Avec S7-PLCSIM, il est possible de charger et de déboguer un programme S7 sans nécessiter un automate programmable. Le logiciel STEP 7 standard et l'interface S7-PLCSIM sont utilisés à cet effet.

Cette application est principalement dédiée au débogage des fonctions d'automatisation. Cependant, il est recommandé de réaliser des tests matériels ultérieurement, car la gestion du temps peut différer significativement de celle d'une CPU réelle.

S7-PLCSIM propose une interface visuelle qui facilite la visualisation et la manipulation des entrées et sorties. [36]

## 2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré la structure générale d'un système automatisé pour l'alimentation des poissons. Nous avons mis en évidence le rôle essentiel des moteurs, des capteurs et du contrôle dans le bon fonctionnement de ce système.

Les moteurs jouent un rôle clé en assurant la distribution physique de la nourriture aux poissons. Les capteurs sont chargés de surveiller les paramètres tels que la quantité de nourriture, la température de l'eau et la qualité de l'environnement. Ils fournissent des données essentielles pour le contrôle du système.

Cependant, l'élément central de contrôle est l'automate programmable. Il gère les données d'entrée provenant des capteurs et transmet des instructions précises aux moteurs pour distribuer la nourriture aux moments appropriés et avec les quantités adéquates.



Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les résultats détaillés de notre pratique, en discuter les implications et les limitations, et formuler des recommandations pour de futures recherches ou améliorations. Nous allons également examiner les conclusions globales de notre travail et les lier aux objectifs initiaux établis dans le premier chapitre.

Chapitre III :  
Programmation et simulation

### 3 Chapitre III : Programmation et simulation

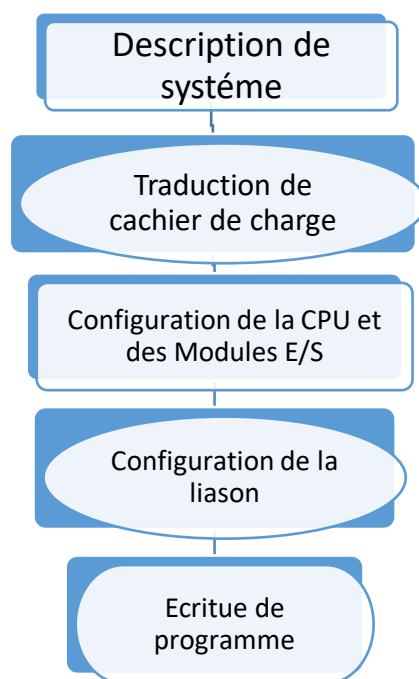
#### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous avons procédé au développement du programme de contrôle de notre système automatisé. Une étape cruciale consiste maintenant à valider le programme par le langage contact (ladder) en le simulant et en vérifiant son bon fonctionnement. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel S7 PLCSIM, qui est une option du logiciel STEP7.

Grâce à la simulation avec le module S7-PLCSIM, nous avons pu exécuter et tester notre programme dans un environnement virtuel. Cette simulation s'est déroulée entièrement à l'intérieur du logiciel STEP7.

#### 3.2 Stade de développement du système proposé

La figure (III.1) présente l'organigramme de développement de notre système, qui comprend Dans la création de projet, la configuration matérielle et la programmation



**Figure III.1** : Organigramme de développement du système.

### 3.2.1 Description du système

Notre système d'alimentation automatique des poissons comprend un silo fixe pour le stockage sécurisé des aliments. Une trémie mobile, contrôlée par une unité de commande, assure la distribution des aliments.

Des moteurs sont utilisés pour le déplacement de la trémie mobile et le fonctionnement du mécanisme de distribution. Les capteurs de proximité et les détecteurs capacitifs sont utilisés pour assurer une distribution précise des aliments dans chaque étang.

L'unité de commande programmable coordonne l'ensemble du processus.

Le système d'alimentation automatique des poissons est spécifiquement conçu pour alimenter individuellement quatre bassins distincts, en veillant à ce que la quantité d'aliments disponible dans le trémie mobile soit suffisante pour nourrir les quatre bassins. Cette configuration garantit que chaque bassin reçoit sa part appropriée d'aliments, en évitant les déséquilibres ou les pénuries alimentaires.

### 3.2.2 Traduction de cahier de charge

#### 2.1 Composants du système :

Le système d'alimentation des poissons a été conçu selon notre cahier des charges, afin d'assurer une distribution précise et équilibrée de l'aliment dans chaque bassin. Les différents composants du système ont été sélectionnés en fonction des besoins spécifiques et des exigences du projet.

- Silo fixe : Un silo est prévu pour le stockage de l'aliment.
- Silo mobile : Un silo mobile est utilisé pour distribuer l'aliment dans chaque bassin.
- Détecteur capacitif : Des détecteurs capacitif sont installées dans le silo pour détecter les niveaux bas et haut d'aliment.

- Moteur asynchrone triphasé : Un moteur est utilisé pour entraîner le silo mobile.
- Moteur asynchrone triphasé : un moteur asynchrone entraîne un convoyeur vis, assurant une distribution précise des aliments depuis les silos mobiles vers les bassins.
- Vanne pneumatique : Un vérin est un dispositif utilisé pour automatiser l'ouverture et la fermeture d'une trappe.
- Capteurs de proximité inductifs : Quatre capteurs de proximité sont positionnés près de chaque bassin pour détecter la proximité du silo mobile.
- Unité de commande : Un automate programmable Simatic S7 300 est utilisé pour la programmation et la gestion du système.

#### ❖ **Motoréducteur asynchrone PAE series :**

Moteur :

Le moteur utilisé est un moteur asynchrone triphasé fermé avec ventilation externe. Il est conçu pour offrir une performance fiable et efficace. Le moteur est adapté à diverses applications industrielles nécessitant un couple important.

Réducteur :

Le moteur est associé à un réducteur pour améliorer ses performances. Le réducteur se compose de deux étages distincts pour garantir une transmission de puissance efficace. Le premier étage présente une carcasse en aluminium moulé sous pression. Le deuxième étage est fabriqué en acier pour assurer une durabilité et une robustesse optimales.



**Figure III.2 Motoréducteur asynchrone PAE series**

Ce tableau présente les caractéristiques de moteur.

|  |            |
|--|------------|
| <b>Moteur asynchrone</b>                   | Triphasé   |
| <b>Tension</b>                             | 230V       |
| <b>Puissance</b>                           | 80W        |
| <b>Couple</b>                              | 31.1Nm     |
| <b>Vitesse de rotation</b>                 | 2800Tr/min |
| <b>Rapport de réduction</b>                | 164.6      |
| <b>Vitesse de rotation après réducteur</b> | 17tr/min   |

**Tableau III-1** : Caractéristique de motoréducteur PAE séries

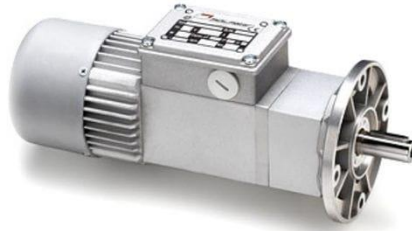
❖ **Motoréducteur asynchrone ACE series :**

Moteur :

Le moteur utilisé est un moteur asynchrone triphasé fermé avec ventilation externe. Il est conçu pour offrir une performance fiable et efficace. Le moteur est adapté à diverses applications industrielles nécessitant un couple important.

Réducteur :

Le moteur est associé à un réducteur pour améliorer ses performances. Le réducteur se compose de deux étages distincts pour garantir une transmission de puissance efficace. Le premier étage présente une carcasse en aluminium moulé sous pression. Le deuxième étage est fabriqué en acier pour assurer une durabilité et une robustesse optimales.



**Figure III.3 : Motoréducteur asynchrone ACE series**

Ce tableau présente les caractéristiques de moteur.

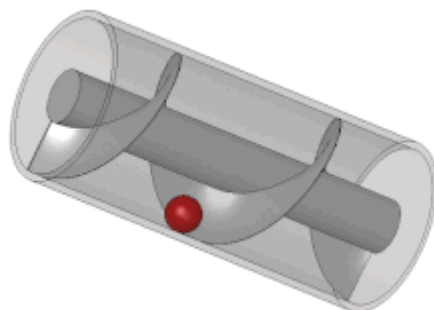
|  |             |
|--|-------------|
| <b>Moteur asynchrone</b>                   | Triphasé    |
| <b>Tension</b>                             | 230V        |
| <b>Puissance</b>                           | 49W         |
| <b>Couple</b>                              | 23Nm        |
| <b>Vitesse de rotation</b>                 | 2800 Tr/min |
| <b>Rapport de réduction</b>                | 159.8       |
| <b>Vitesse de rotation après réducteur</b> | 17.5Tr/min  |

**Tableau III-2 : Caractéristique de motoréducteur ACE séries**

- ❖ **Convoyeur à vis** : La distribution d'un lot spécifique d'aliments à chaque rotation peut être assurée par une vis. Cette dernière est placée sous une trémie qui sert de réserve pour le remplissage.

Le convoyeur à vis est un mécanisme qui permet le transfert de matériaux granuleux ou liquides en utilisant une lame hélicoïdale enroulée autour d'un arbre, généralement à l'intérieur d'un tube. Ce type de convoyeur est souvent utilisé comme mécanisme d'alimentation, par exemple pour distribuer des granulés d'aliments pour poissons. Pendant le fonctionnement, un moteur est connecté à l'arbre central qui maintient la lame hélicoïdale en mouvement. Le moteur fait tourner l'arbre central et distribue ainsi les granulés de poisson à un rythme contrôlé. De cette manière, une quantité précise de granulés de poisson est distribuée à chaque rotation de l'arbre, garantissant un dosage précis.

Plusieurs facteurs tels que le diamètre de la vis, la conception de la vis (hauteur du filetage), la vitesse de rotation, le degré de remplissage et l'angle de la vis influencent la quantité distribuée par unité de temps. [17]



**Figure III.4** : Convoyeur à vis. [17]



❖ **Vanne fonte à guillotine pneumatique**

La vanne à guillotine pneumatique est équipée d'un vérin double effet et conçue pour être utilisée dans des applications industrielles où une action de fermeture ou d'ouverture rapide et précise est requise.

La vanne est actionnée par un système pneumatique alimenté en air lubrifié à une pression de 6 bar. Pour assurer un fonctionnement précis.

La vanne est équipée de contacts fin de course. Ces contacts détectent la position de la vanne et permettent de signaler les positions d'ouverture et de fermeture.



**Figure III.5** : Vanne fonte à guillotine

❖ **Capteur capacitif** : Capteur capacitif ifm electronic KG5071 - KG-3080NFPKG/2T/US

Le capteur capacitif KG5071 - KG-3080NFPKG/2T/US de difm electronic est un choix polyvalent pour le contrôle de niveaux de liquides et de matières en vrac sèches. Son filetage plastique M18 x 1, sa plage de tension d'alimentation de 10 à 36 V CC, sa

programmation en sortie NO ou NF et sa portée de détection de 8 mm pour un montage non encastré en font un capteur facile à installer et à adapter aux besoins spécifiques de l'application.

Il offre une détection fiable et précise des médias conducteurs tout en étant résistant aux parasites électromagnétiques.



**Figure III.6 :** Capteur capacitif

- ❖ **Capteur de proximité inductif :** XS630B1PAM12 XS détecteur inductif métal - M30 L73mm noyable Sn15mm DC3-PNP NO - M12



**Figure III.7 :** Capteur de proximité inductif XS

Les détecteurs de proximité inductifs de la gamme XS, tels que le modèle XS6, sont des capteurs cylindriques M30 utilisés dans des applications d'équipement mobile. Ils offrent une sortie numérique, une portée de détection de 15 mm, une sortie logique PNP en courant continu et sont alimentés par une tension de 12 à 48 V CC.

Ces capteurs sont adaptés pour une utilisation dans des environnements industriels exigeants et offrent une détection fiable et précise.

### 3.2.3 Analyse fonctionnelle du système

Le système d'alimentation des poissons démarre lorsque le bouton poussoir est activé, et la trémie mobile se remplit de l'aliment. Une fois que la trémie est remplie, le processus de distribution peut commencer.

La trémie mobile est entraînée par un premier moteur asynchrone, qui le déplace vers le premier bassin pour distribuer l'aliment. Lorsque la trémie atteint le bassin, un capteur de proximité inductif détecte sa présence, ce qui entraîne l'arrêt du premier moteur. Ensuite, un deuxième moteur asynchrone est activé pour entraîner le mécanisme de la vis sans fin.

Le deuxième moteur asynchrone, spécifiquement choisi pour sa capacité à générer un couple élevé, permet de faire tourner efficacement la vis sans fin. La vis sans fin est conçu de manière à permettre un passage contrôlé des aliments de la trémie mobile vers le bassin lorsqu'il est en rotation.

Grâce à la rotation de la vis sans fin, les aliments sont évacués de manière contrôlée et régulée dans le bassin, en utilisant une temporisation appropriée. Ainsi, la distribution précise des aliments dans le bassin est assurée.

Après la distribution de l'aliment dans un bassin, le moteur du trémie est réactivé pour se déplacer vers le bassin suivant. Ce processus se répète pour chaque bassin, permettant une distribution continue et successive des aliments.

L'ensemble du système est géré par l'automate programmable SIMATIC S7 300. Cet automate gère les différentes étapes du processus d'alimentation en utilisant les informations fournies par les capteurs de niveau et de proximité. Cela permet de garantir une distribution précise et efficace de l'aliment dans chaque bassin, tout en assurant un fonctionnement automatisé et fiable du système.

### 3.3 Création de projet dans le logiciel Step7

Lorsqu'on ouvre SIMATIC Manager, une fenêtre apparaît (voir Figure III.8) où l'on peut commencer à créer un nouveau projet. À partir de là, on accède à toutes les fonctionnalités installées, incluant les logiciels de base et les logiciels optionnels.

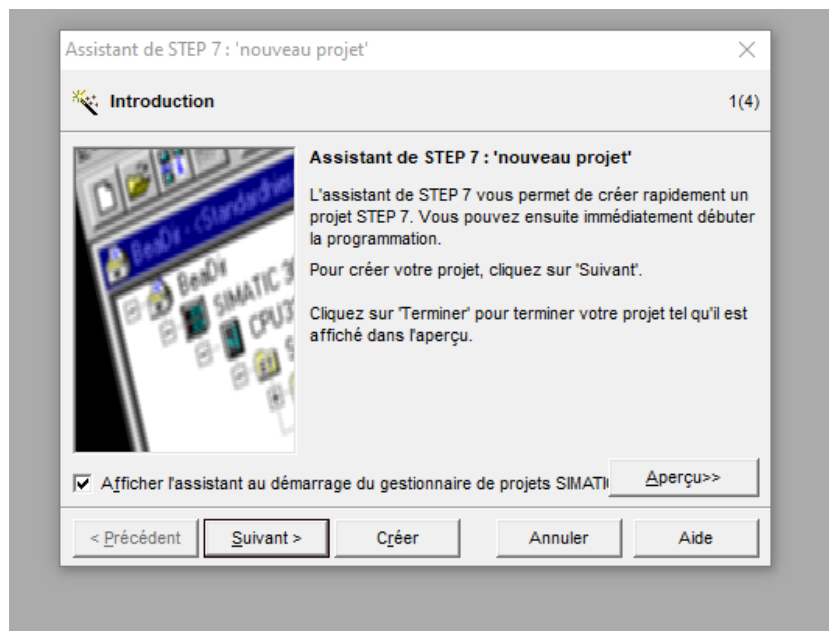
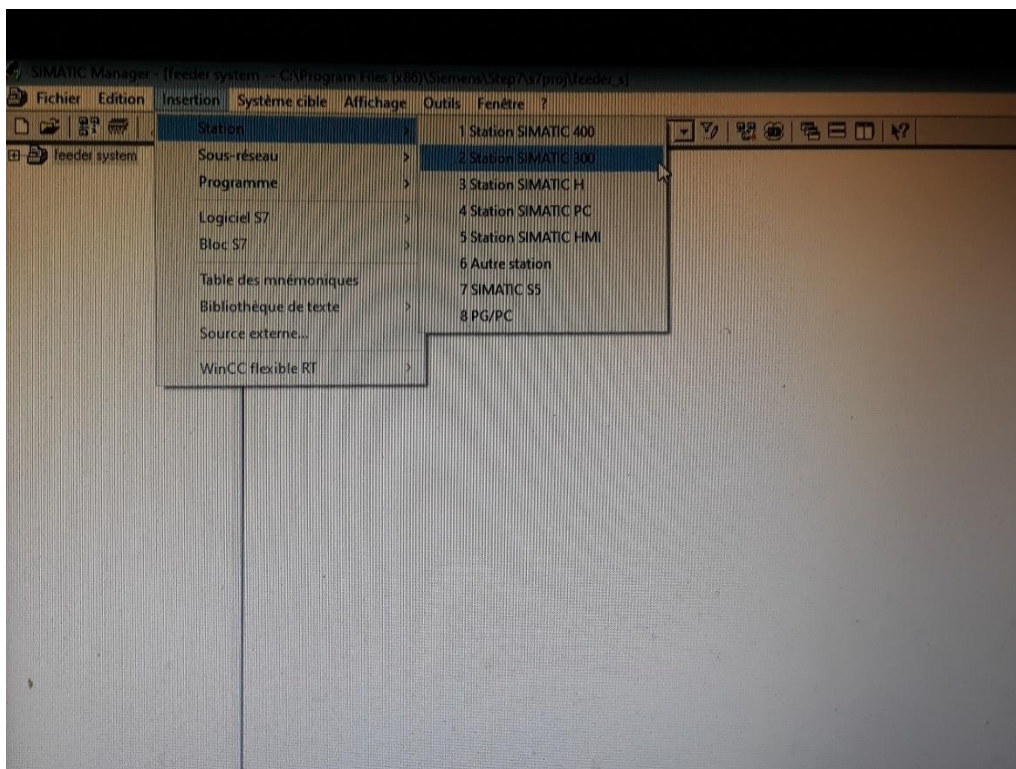


Figure III.8 : Fenêtre de création de projet

Un projet se compose de deux éléments essentiels : les programmes et la configuration matérielle. On peut commencer par définir l'un ou l'autre, mais avant tout, il est nécessaire de démarrer le programme SIMATIC Manager. Ce programme est une interface graphique qui permet de manipuler le projet et d'accéder aux autres programmes de STEP7.



**Figure III.9 :** Création du nouveau projet

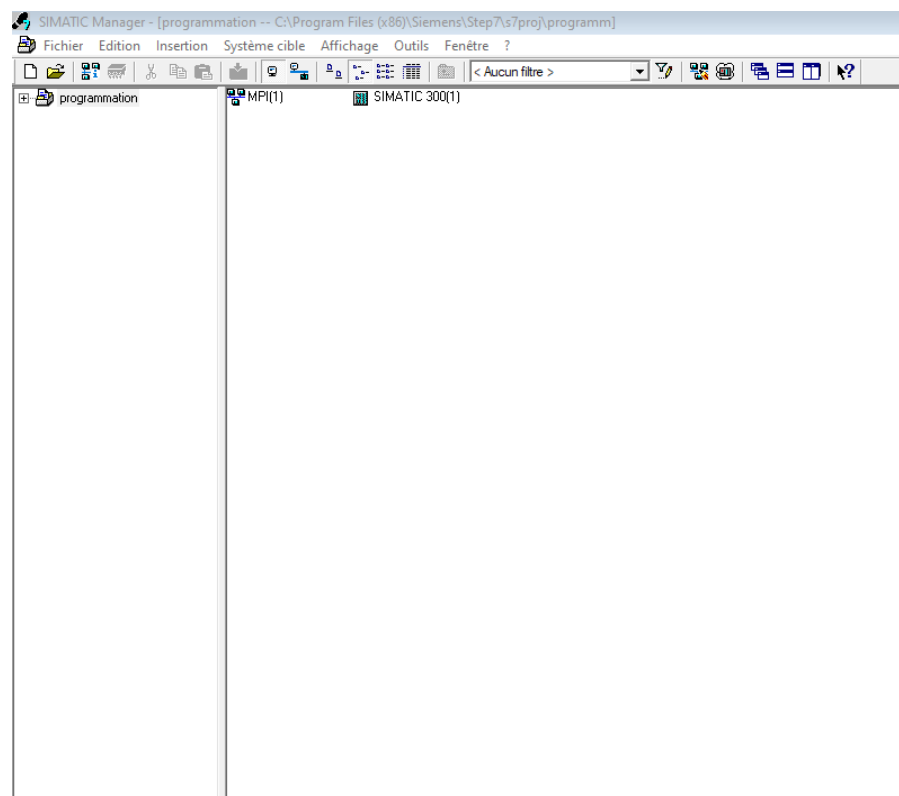
Pour créer un nouveau projet, il suffit de cliquer sur le bouton "Nouveau projet" et de lui attribuer un nom. Ensuite, il faut sélectionner une station de travail appropriée.

### 3.3.1 Configuration de la CPU et les modules E/S

Une fois le projet créé, il est essentiel de prendre en charge les tâches de configuration matérielle. Cela implique de choisir l'automate programmable, de sélectionner le type de CPU et de déterminer les modules d'entrée et de sortie requis.

Pour notre système, nous avons choisi l'automate programmable SIEMENS S7-300 CPU 315-2 PN /DP en raison de ses performances et de son efficacité élevée.

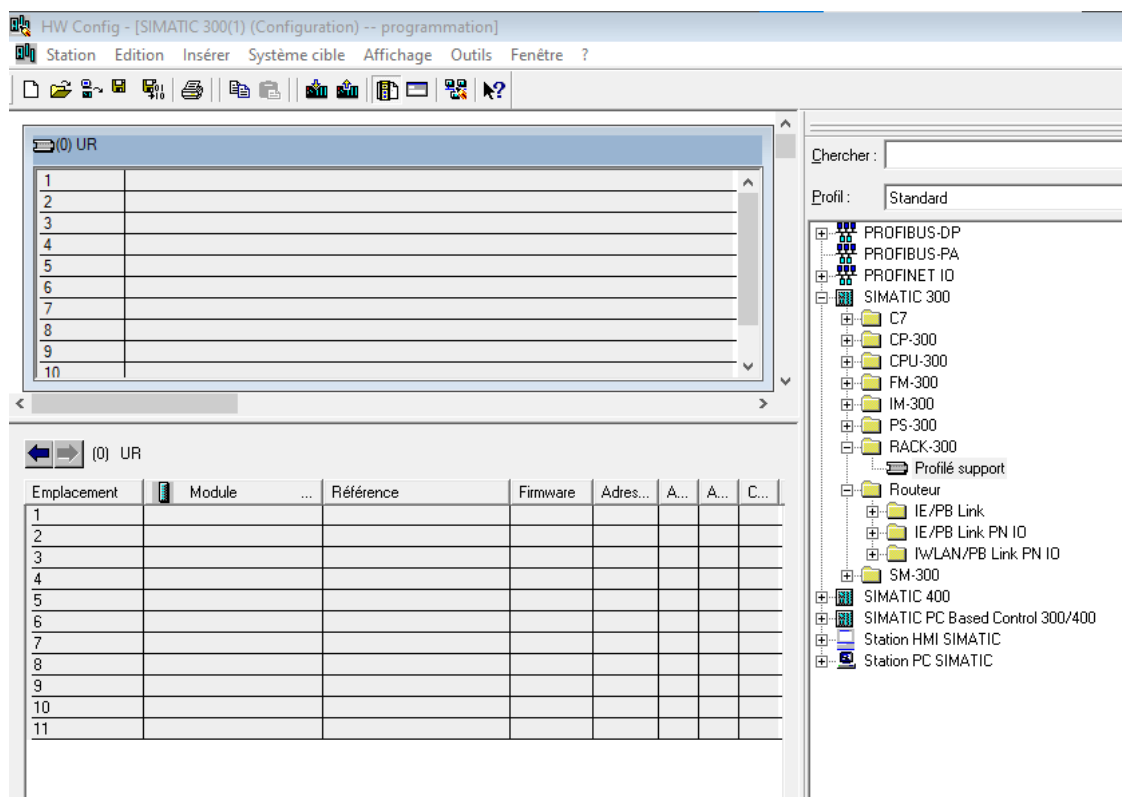
Les illustrations ci-dessous montrent le processus d'insertion d'une station SIMATIC 300 et d'un rack 300 dans le logiciel STEP7 :



**Figure III.10** : Insertion d'une station SIMATIC 300.

Une fois que nous avons choisi la Station SIMATIC 300, nous ouvrons la fenêtre "HW Config" en double-cliquant sur "Matériel". Nous procédons ensuite à la sélection des

châssis électroniques (racks). Ensuite, nous passons à l'étape d'affectation des modules sélectionnés aux emplacements désirés dans les racks.



**Figure III.11** : Insertion d'un rack 300.

- ❖ Emplacement 0 Module d'alimentation
- ❖ Emplacement 1 CPU 315-2 PN/DP
  - X1 MPI/DP permet une communication interne entre les modules du système SIMATIC S7-300
  - X2 PN/IO permet la communication avec des périphériques décentralisés via le protocole PROFINET IO
- ❖ Emplacement 3 Peut être utilisé pour installer des modules d'extension ou des cartes d'interface supplémentaires pour fournir des fonctionnalités et des options de connectivité supplémentaires au contrôleur.

❖ Emplacement 4 DI32×DC24V

- DI : Le terme "digital" dans ce contexte indique que les entrées numériques du module DI32×DC24V sont conçues pour recevoir des signaux électriques binaires provenant de différents dispositifs ou capteurs, et les utiliser dans le programme de l'automate pour des opérations spécifiques.
- DC : Une tension de fonctionnement de 24V

❖ Emplacement 5 DO32×DC24V/0.5A

- DO : Fait référence à un module de sortie numérique dans un système d'automatisation. "DO" signifie "Digital Output" (Sortie numérique), indiquant que ce module est utilisé pour contrôler des dispositifs ou des actionneurs à l'aide de signaux numériques.
- DC : indique que le module fonctionne avec une tension de 24 volts en courant continu.
- 0.5A : chaque sortie peut gérer des charges électriques d'une puissance allant jusqu'à 0,5 ampère.

✓ En résumé :

- Des entrées TOR :32
- Des sorties TOR :32

La figure III.12 présente la configuration matérielle du système, mettant en évidence les racks électroniques, le CPU315-2PN/DP et les modules d'entrées/sorties. Cette configuration permet une gestion optimale des connexions et assure la communication efficace entre les différents composants du système.



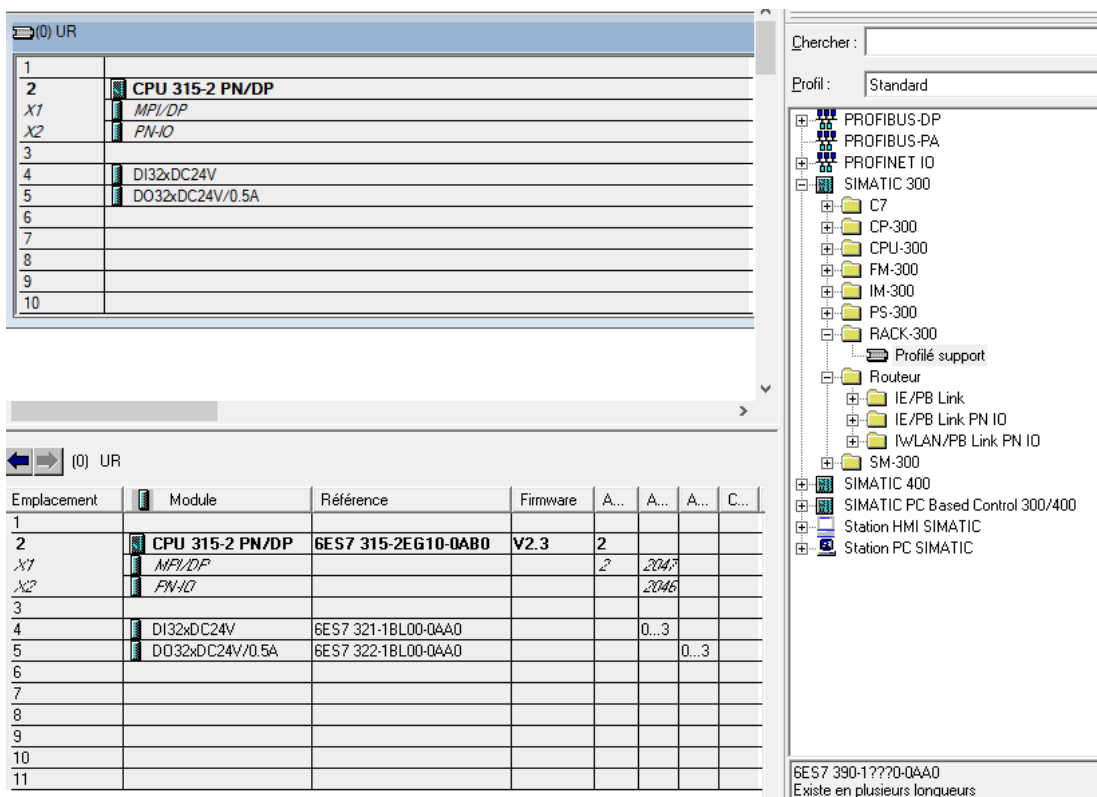


Figure III.12 : Configuration matériel

### 3.3.2 Table des mnémoniques.

Il est utilisé pour gérer toutes les variables globales, notamment en permettant de créer des symboles et des commentaires pour les signaux du processus (entrées/sorties), les mémentos et les blocs. De plus, il offre des fonctionnalités d'importation et d'exportation avec d'autres fichiers.

Pour cette tâche, nous avons utilisé des adresses absolues qui se composent d'un identificateur d'opérande associé à une adresse spécifique.

Pour accéder à cette table, veuillez ouvrir le classeur "programme S7" et effectuer un double-clic sur l'option "Mnémoniques". Une fois ouverte, vous pouvez définir les noms de mnémoniques désirés dans cette table de mnémoniques.

|   | Etat | Mnemonique               | Operande | Type de do | Commentaire  |
|---|------|--------------------------|----------|------------|--|
|   |      | Alarme                   | Q 0.2    | BOOL       |  |
|   |      | Arrêt d'urgence          | Q 2.2    | BOOL       |  |
|   |      | Alimentation bassin 2    | FC 3     | FC 3       | Alimentation du bassin   |
|   |      | arrêt d'urgence          | I 1.2    | BOOL       | bouton poussoir pour l'arrêt d'urgence                               |
|   |      | Bassin 3                 | FC 4     | FC 4       |  |
|   |      | Bassin 4                 | FC 5     | FC 5       | Alimentation du bassin 4   |
|   |      | Bp-star-sense1           | I 1.0    | BOOL       | Bouton poussoir pour le démarrage du système                         |
|   |      | CM-M-Marche-A            | I 2.4    | BOOL       | Commande manuelle du moteur -marche avant                            |
|   |      | CM-M-Marche-Arr          | I 2.5    | BOOL       | Commande manuelle du moteur -marche arrière                          |
| 0 |      | Commande-M-EV            | I 2.3    | BOOL       | "Commande manuelle de l'électrovanne en cas de panne."               |
| 1 |      | Demarage moteur          | FC 2     | FC 2       | Le demarage de moteur pour l'alimentation de premier bassin          |
| 2 |      | EV1                      | Q 0.4    | BOOL       | La commande d'électrovanne   |
| 3 |      | F.C.T-1-fermé            | I 0.5    | BOOL       | "Fin de course pour déterminer si l'électrovanne est fermée."        |
| 4 |      | High-L-d                 | I 0.4    | BOOL       | Capteur de haut niveau pour le silo mobile                           |
| 5 |      | High-L-s                 | I 0.1    | BOOL       | capteur de haut niveau pour le silo fixe                             |
| 6 |      | High-Level               | Q 0.1    | BOOL       | Le silo de stockage est remplis                                      |
| 7 |      | Low-L-d                  | I 0.2    | BOOL       | capteur du bas niveau du silo mobile                                 |
| 8 |      | LOW-Level                | I 0.0    | BOOL       | capteur de bas niveau de silo de stockage                            |
| 9 |      | LOW.L.s                  | Q 0.0    | BOOL       | Le silo de stockage vide   |
| 0 |      | Moteur-M-Arrière         | Q 2.0    | BOOL       | Démarrage de moteur en sens inverse                                  |
| 1 |      | Moteur-M.Avant           | Q 1.0    | BOOL       | Démarrage de moteur pour la distribution d'aliment                   |
| 2 |      | Moteur -DC               | Q 2.3    | BOOL       | Commande de rotation du moteur CC pour faire tourner la vis sans fin |
| 3 |      | Position-0               | I 0.3    | BOOL       | La position de silo en point initiale                                |
| 4 |      | Position-B1              | I 0.7    | BOOL       | La position de silo a proximité du premier bassin                    |
| 5 |      | Position-B2              | I 1.5    | BOOL       | La position de silo a proximité du deuxième bassin                   |
| 6 |      | Position-B3              | I 1.6    | BOOL       | La position de silo a proximité du troisième bassin                  |
| 7 |      | Position-B4              | I 1.7    | BOOL       | La position de silo a proximité de quatrième bassin                  |
| 8 |      | position initiale        | FC 6     | FC 6       |  |
| 9 |      | Silo Principal -Stockage | FC 1     | FC 1       | La fonction de Stockage d'aliment                                    |
| 0 |      |                          |          |            |  |

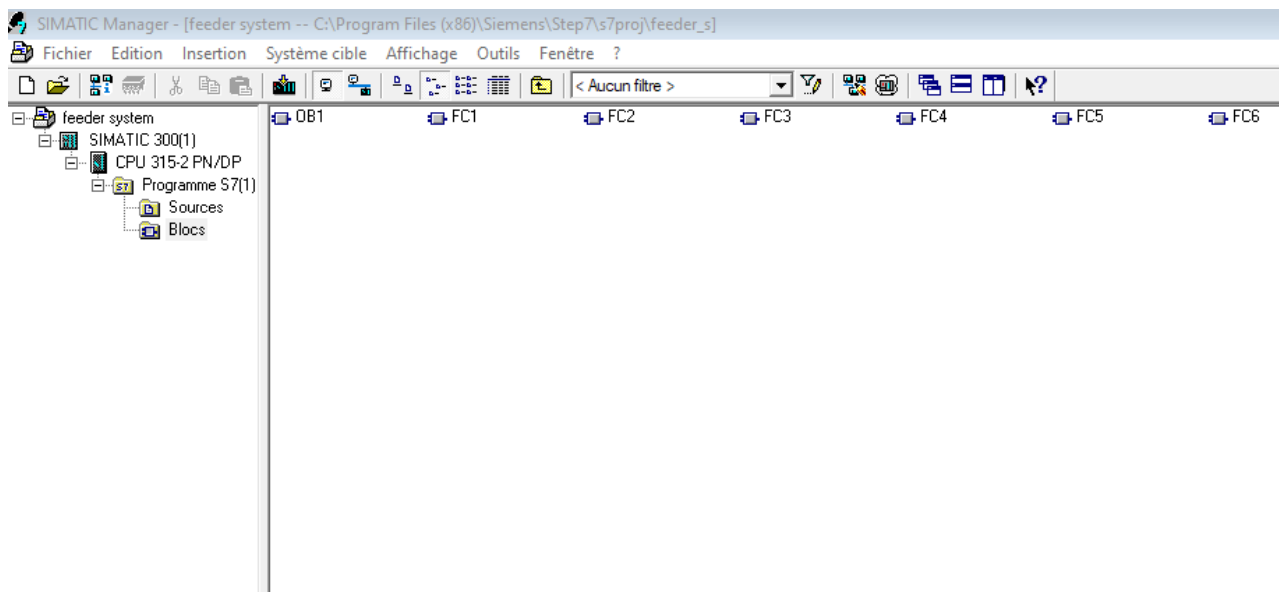
Figure III.13 :Table des mnémoniques

### 3.4 Écriture du programme

#### 3.4.1 Programme en langage contact

C'est un langage de programmation graphique qui se base sur une syntaxe utilisant des schémas de circuits. Son principal avantage est de permettre une visualisation claire du cheminement du courant électrique, en passant par les contacts, les composants complexes et les bobines, facilitant ainsi la compréhension du fonctionnement global. Le programme Step7, utilisé dans cette étude, se compose de deux types de blocs : les blocs d'organisation (OB) et les blocs fonctionnels (FC).

- ✓ Bloc d'organisation OB1
- ✓ Bloc fonction FC1.



**Figure III.14 :** Bloc d'organisation et fonction

### 3.4.2 Bloc fonction FC

Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsque la fonction est appelée par un autre bloc de code.

#### 1) Bloc FC1

Il Contient les séquences suivantes :

La séquence est dédié à la détection du niveau d'alimentation dans le silo principal de stockage. Son objectif est de surveiller en permanence le niveau de remplissage du silo, en utilisant des capteurs appropriés.

Une séquence consiste à commander l'ouverture et la fermeture de la vanne.

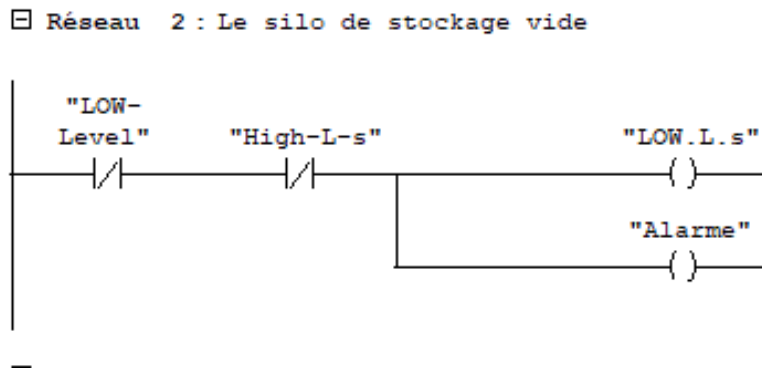


Figure III.15 : Programme détection de niveau d'aliment

Dans ma réalisation, j'ai utilisé des contacteurs normalement ouverts (NO) et normalement fermés (NC), ainsi qu'une bobine de sortie. Ces contacteurs agissent en tant que capteurs, tandis que la bobine représente le niveau d'aliment et l'alarme.

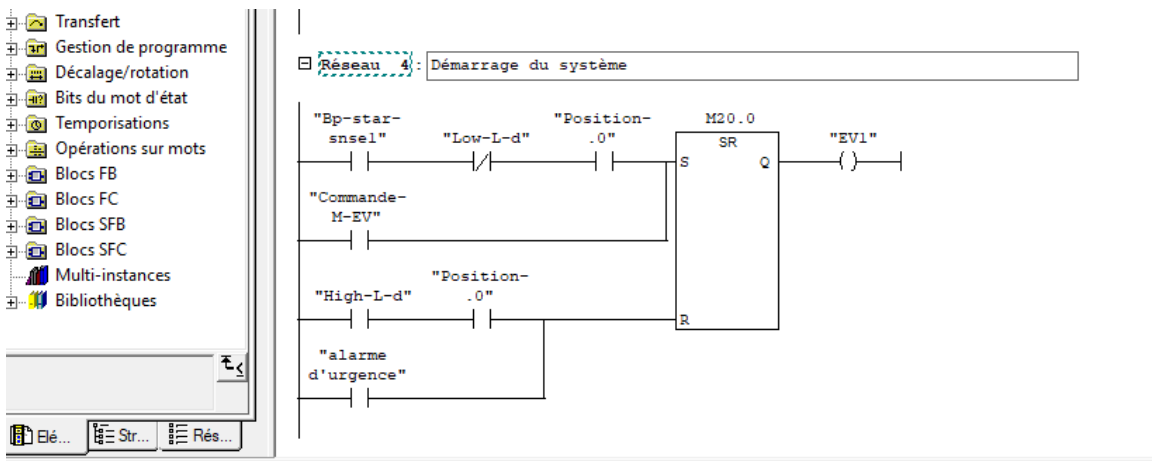


Figure III.16 : Programme de démarrage de cycle

Le bouton poussoir, représenté par un contacteur normalement ouvert (NO), est utilisé pour démarrer le cycle. Le capteur de proximité, représenté par un contacteur normalement ouvert (NO), est utilisé pour détecter la position du silo.

De plus, le détecteur de niveau bas du silo mobile est représenté par un contact normalement fermé (NC)

## 2) Bloc FC2

Ce bloc fonction contient deux réseaux : le premier est conçu pour le démarrage automatique ou manuel du moteur d'entraînement du silo, tandis que le deuxième est dédié à la rotation de la vis sans fin.

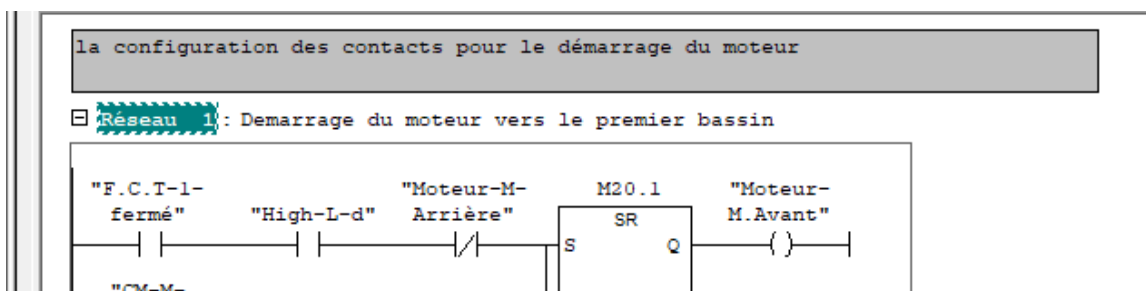


Figure III.17 : Programme de démarrage du moteur

Pour activer le démarrage du moteur, un appel est effectué en utilisant le contacteur normalement ouvert (NO) représentant la fin de course de la vanne. De plus, la détection du niveau haut d'aliment dans le silo est réalisée à l'aide d'un autre contact NO.

Pour désactiver le sens inverse du moteur, un contact normalement fermé (NC) est utilisé. Enfin, un autre contact NO est utilisé pour la commande manuelle du moteur, que ce soit pour le démarrage ou l'arrêt.

## 3) Bloc FC3, bloc FC4 et FC5

Les blocs FC3, FC4 et FC5 contiennent les séquences d'alimentation des 3 bassins. Ces blocs utilisent les mêmes instructions que les FC précédentes pour assurer le processus d'alimentation de manière cohérente et uniforme.

#### 4) Bloc FC6

Cette fonction permet le retour automatique ou manuel du silo à sa position initiale. L'activation d'un contacteur normalement ouvert (NO) représentant la position du bassin 4 déclenche le processus de retour automatique du silo.

Alternativement, l'activation d'un autre contacteur NO permet la commande manuelle du moteur en marche arrière par un opérateur.

Une fois que le silo atteint sa position initiale, le moteur est désactivé.

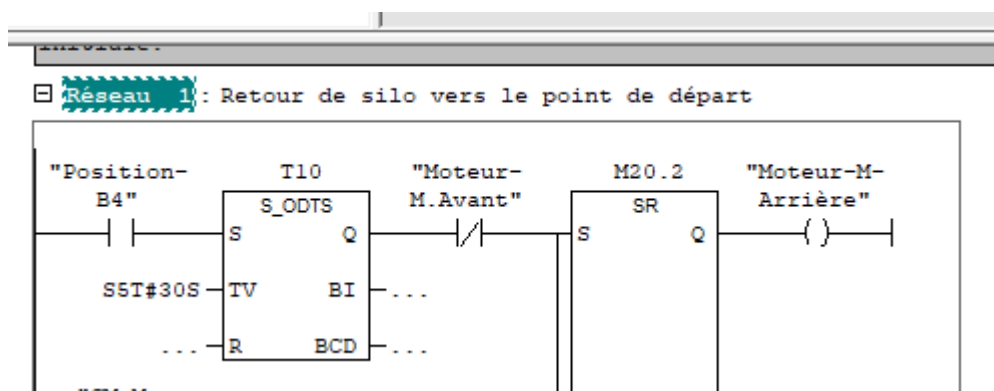


Figure III.18: Démarrage du moteur en marche arrière

#### 3.4.3 Bloc d'organisation OB 1

Le bloc d'organisation OB1 joue un rôle essentiel en définissant l'ordre d'exécution des blocs du programme. Il assure une exécution cyclique et régulière du programme utilisateur, en faisant appel aux différentes fonctions (FC) nécessaires. Cela garantit un fonctionnement fluide et cohérent du système d'exploitation de la CPU S7. Voir (figure III.19)

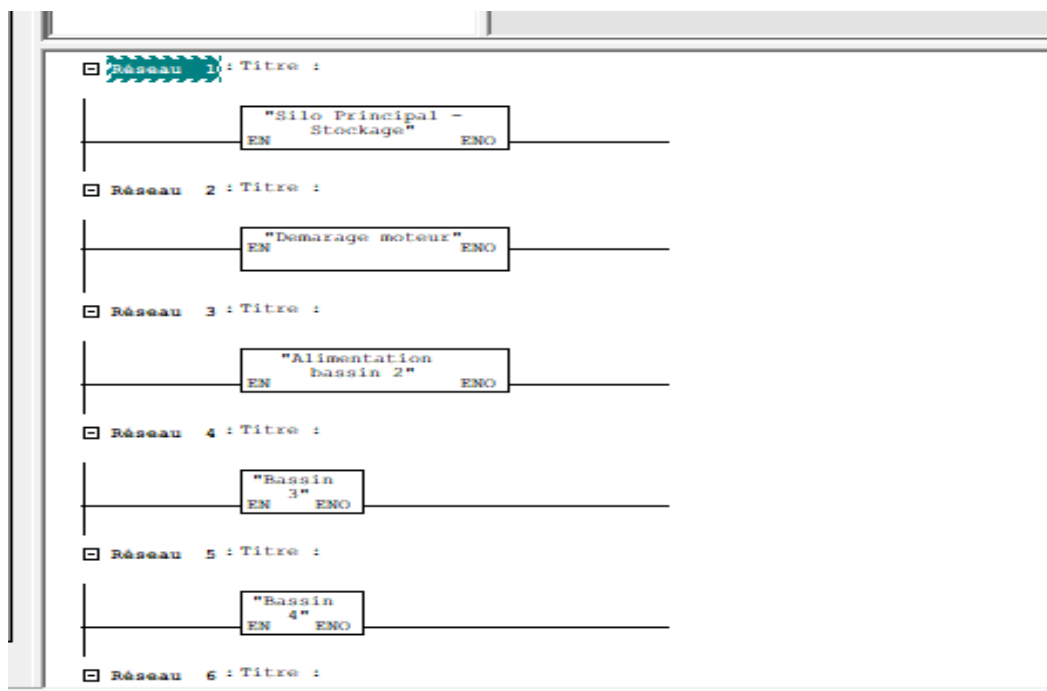


Figure III.19 : bloc d'organisation OB

### 3.5 Simulations des programmes par S7-PLCSIM

Afin de vérifier les fonctionnalités des programmes précédents, nous utilisons l'application S7-PLCSIM qui nous permet de simuler le comportement d'un automate programmable S7-300. Grâce à cette application, nous avons la possibilité de tester nos programmes de contrôle sans avoir besoin de matériel S7-300 réel.

S7-PLCSIM offre une interface utilisateur graphique qui nous permet de visualiser et de modifier les variables du programme, de créer des commandes pour exécuter la CPU simulée en mode cycle unique ou continu, et de modifier l'état de fonctionnement de l'automate simulé.

Vous trouverez ci-dessous des illustrations de la simulation dans les figures suivantes

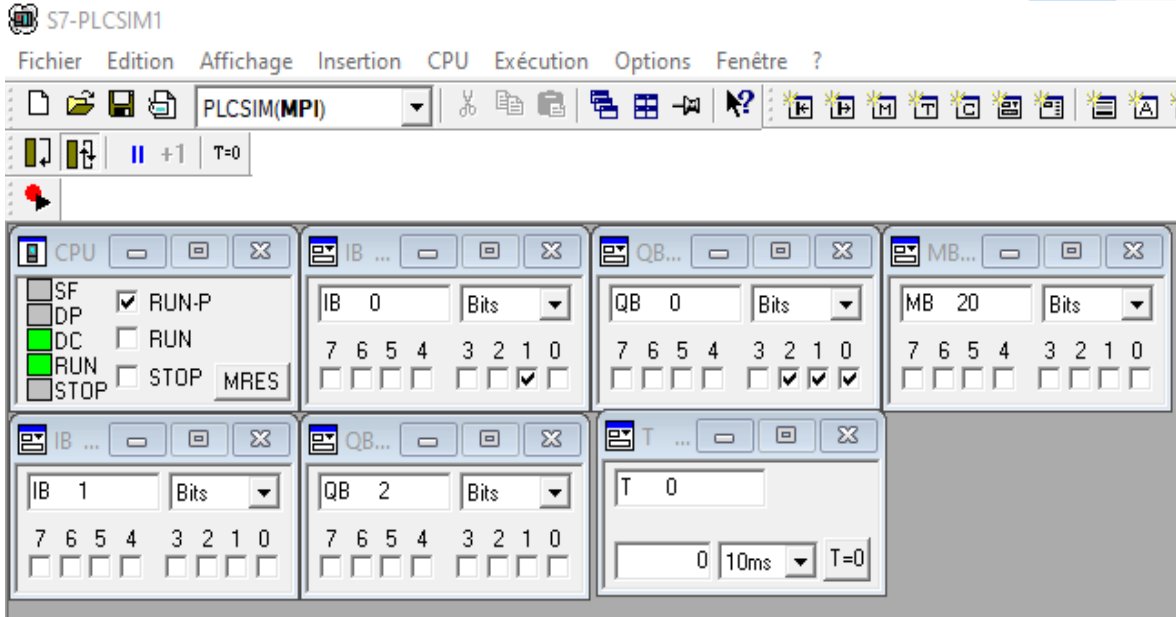


Figure III.20 : Simulateur PLCSIM

### 3.5.1 Simulation bloc fonction FC

- a) Lorsque le bouton "RUNP" est cliqué, une alarme se déclenche et l'indication de silo vide est affichée.

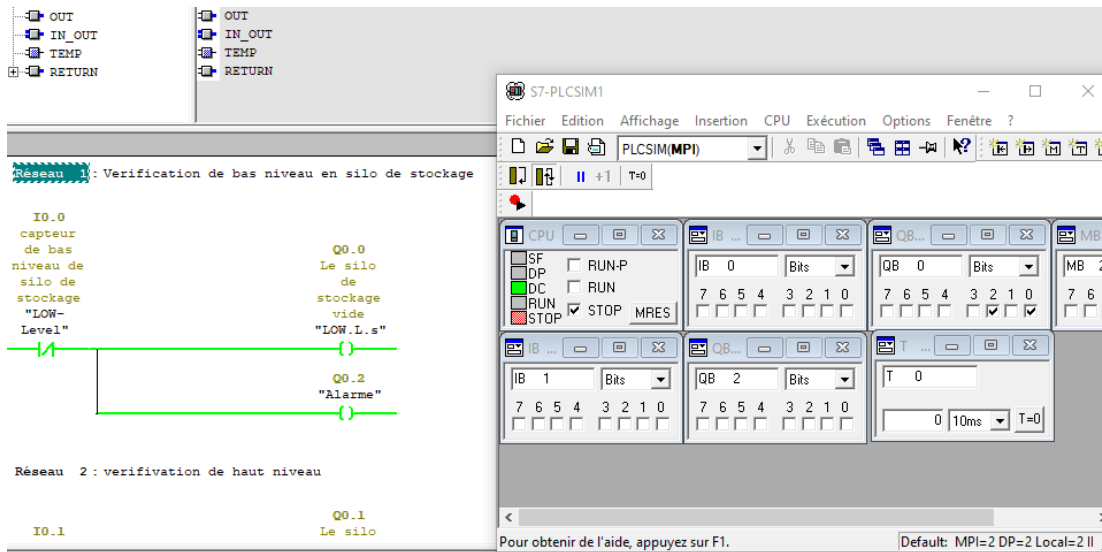
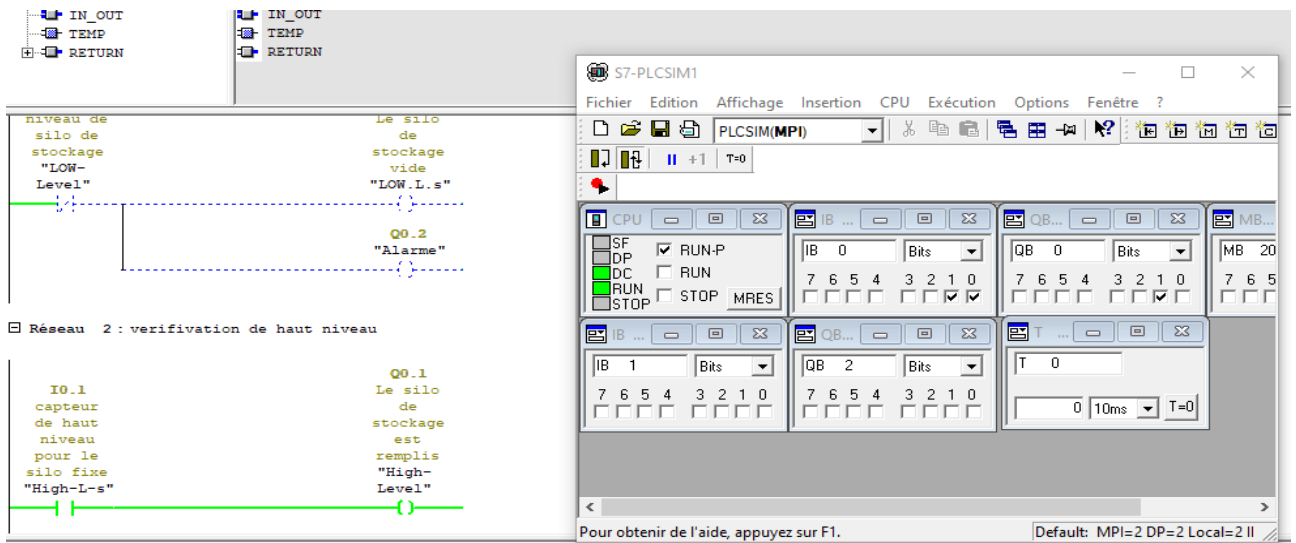


Figure III.21 : Simulation de niveau bas d'aliment dans le silo



- b) Lorsque les deux contacteurs sont activés, cela signifie que le détecteur de niveau bas détecte l'alimentation. En conséquence, le courant de l'alarme est coupé, ce qui arrête l'alarme, et le remplissage du silo est effectué.



**Figure III.22** Simulation de niveau haut d'aliment dans le silo

- c) l'électrovanne est activée lorsque le bouton-poussoir est enfoncé et que le capteur détecte la position initiale. Cela permet le passage du courant et entraîne l'ouverture de l'électrovanne, permettant ainsi le remplissage de silo.

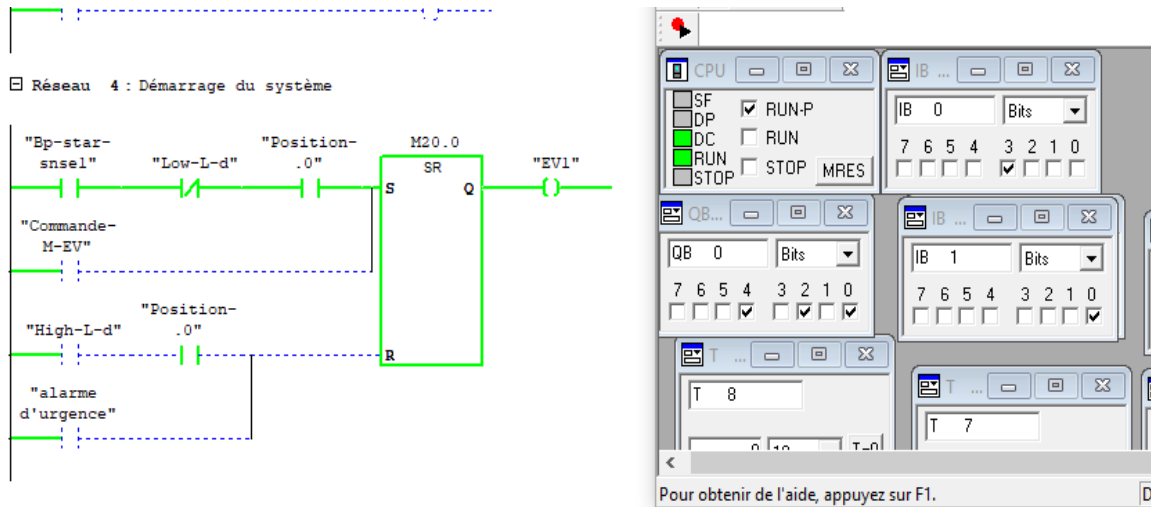


Figure III.23 : Simulation de l'activation d'électrovanne

Le signal de reset est généré par le contact NO du détecteur de niveau lorsqu'il détecte le niveau haut d'aliment dans le silo. Lorsque cette condition est remplie, le signal de reset est envoyé, ce qui déclenche la réinitialisation de la bascule SR qui désactive ensuite l'électrovanne.

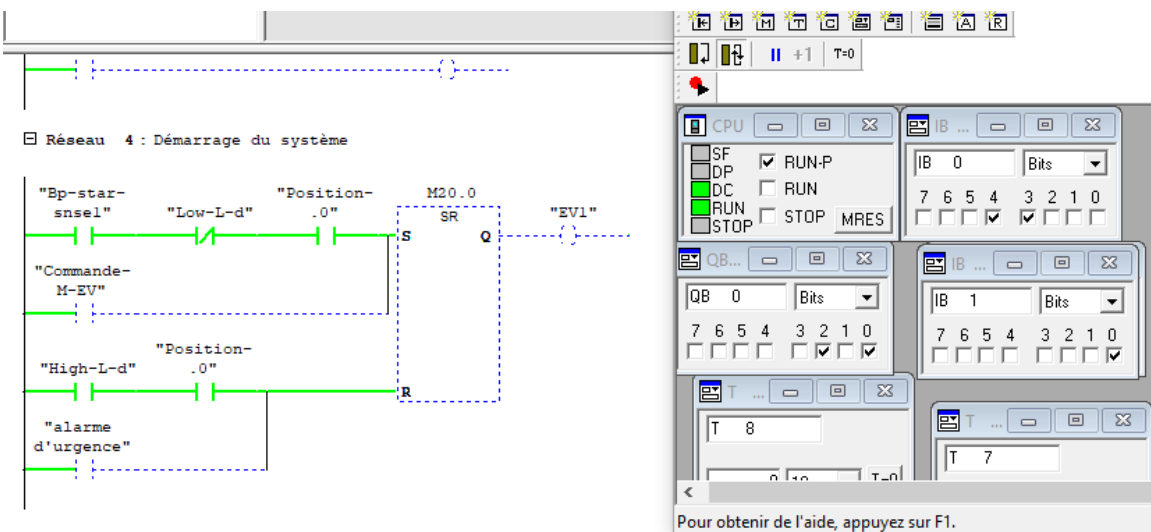


Figure III.24 : Simulation de désactivation d'électrovanne

L'activation manuelle de la vanne en utilisant le contact NO de la commande manuelle permet à l'opérateur de contourner les conditions normales d'activation et de prendre le contrôle manuel de la vanne. Cette fonctionnalité est particulièrement utile en cas de détection de panne ou de besoin d'intervention immédiate.

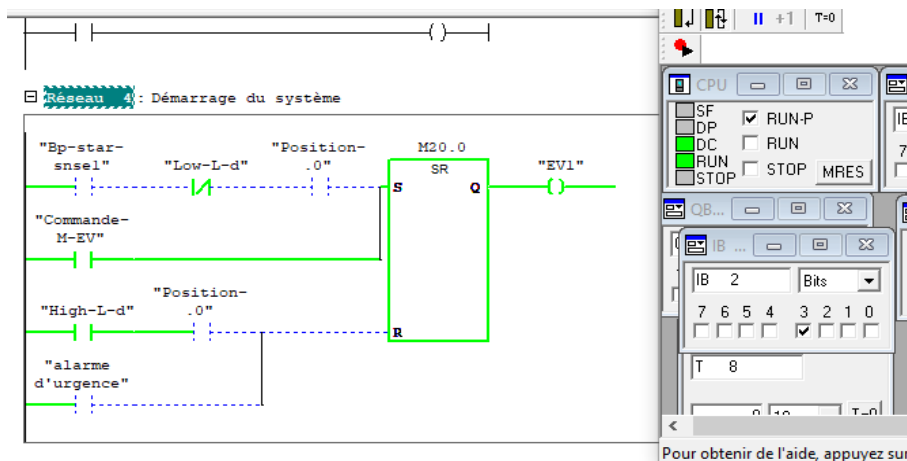


Figure III.25 : Simulation d'activation manuelle de la vanne

### 3.5.2 Simulation de bloc OB1

Dans le bloc OB1 de la simulation, les fonctions FC1, FC2, FC3, FC4, FC5 et FC6 sont appelées pour compléter le fonctionnement du programme ladder. Ces fonctions jouent un rôle important dans l'exécution du programme et contribuent au contrôle et à la gestion efficace de l'électrovanne.

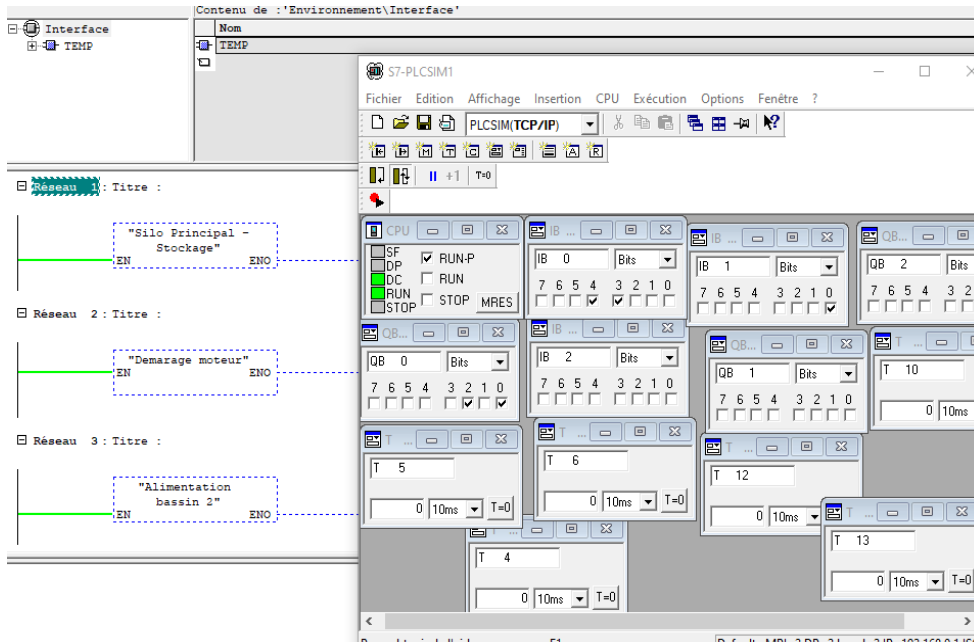


Figure III.26: Bloc organisation

### 3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'alimentation de poison, en passant par sa description, sa configuration matérielle et son programme en langage contact (Ladder).

Nous avons choisi soigneusement les composants matériels, tels que l'automate programmable, le CPU et les modules d'entrée/sortie, pour assurer un fonctionnement optimal du système.

Grâce au logiciel S7-PLCSIM nous avons pu détecter et corriger les erreurs et apporter des modifications sur le programme avec une très grande facilité et valider le comportement des sorties.

Ce chapitre a permis d'établir les fondations solides pour la mise en œuvre réussie du système d'alimentation de poison. Nous avons acquis une compréhension approfondie du système, de sa configuration matérielle et de son programme de contrôle, ce qui nous permet de progresser vers la prochaine étape de notre projet.

## Conclusion générale et perspectives

L'objectif général de notre étude était de développer et mettre en œuvre un système d'alimentation automatisé pour poissons en utilisant un automate programmable industriel S7-300 et le logiciel de programmation STEP7, en nous basant sur le langage de programmation LADDER.

Ce système visait à fournir une alimentation précise et régulière aux poissons élevés en aquaculture, en répondant à leurs besoins nutritionnels spécifiques et en optimisant leur croissance.

Notre étude a exploré l'aquaculture, la pisciculture et les systèmes d'alimentation automatique. Nous avons sélectionné et conçu un système d'alimentation automatisé en examinant les composants clés tels que les moteurs, les capteurs, les automates et les logiciels. La programmation en langage Ladder sur STEP 7 et la simulation avec PLCsim ont permis de garantir le bon fonctionnement du programme.

En appliquant l'automatisme industriel à notre projet, nous avons réussi à atteindre des objectifs significatifs en termes de production de masse. Grâce aux automates programmables, nous avons pu adapter efficacement le programme aux résultats souhaités, ce qui nous a permis de coordonner différentes tâches répétitives et complexes.

Notre système automatisé est spécifiquement conçu pour répondre aux besoins de distribution d'aliments aux poissons. Il convient de noter que son objectif principal se limite à cette fonctionnalité et ne comprend pas de capacités de supervision avancées. De plus, pour assurer le démarrage et le bon fonctionnement du système, l'intervention d'un opérateur qualifié est requise.

Dans le cadre de notre projet de système d'alimentation automatisé pour l'élevage de poissons, nous souhaitons formuler plusieurs recommandations pour améliorer son fonctionnement et son efficacité.

- Programmer le système pour un démarrage automatique à des périodes prédéfinies, en fonction de la fréquence d'alimentation des poissons, pour une distribution régulière sans intervention manuelle.
- Intégrer un sélecteur pour permettre une transition fluide entre les modes semi-automatique et automatique, offrant une flexibilité selon les besoins spécifiques de l'élevage.
- Mettre en place un contrôle en temps réel du niveau d'aliment dans le silo pour maintenir une alimentation adéquate et prévenir les problèmes liés à une quantité insuffisante ou excessive.
- Intégrer un système de communication tel qu'un module GSM pour informer automatiquement le pisciculteur en cas de besoin d'entretien ou de pannes

En mettant en œuvre ces recommandations, nous sommes convaincus d'améliorer la performance, l'efficacité et la fiabilité du système d'alimentation automatisé, contribuant ainsi à une gestion plus efficace et rentable de l'élevage de poissons.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Kumar, D. (1999). Trickle down system (TDS) of aquaculture extension for rural development. *RAP publication*, 23.
- [2] [Définition - Aquaculture Insee ».  
<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1534> (consulté le 28 avril 2023]
- [3] FAO. 2022. *La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461fr>
- [4] Lazard, J. (2017). Les systèmes aquacoles face au changement climatique. *Cahiers Agricultures*, 26(3), 34001.
- [5] Ghribi, T. (2020). *Etude D'impact De La Pisciculture Marine En Cages Flottantes Sur Le Développement Et Structuration Phytoplanctonique. Cas De La Région De Béni-saf (wilaya De Ain-tmouchent Et De Tlemcen)* [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen].
- [6] LA, C. À., ET, S. A., & DE TOUS, À. L. N. (2016). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture.
- [7] Ministère de l'environnement de l'habitat et de l'urbanisme, direction générale de l'environnement , module de formation en pisciculture en cage et enclos
- [8] Fermon, Y. (2010). La pisciculture de subsistance en étangs en Afrique: Manuel technique. *ACF-International network*, 274.
- [9] Ewoukem, T. E. (2011). *Optimisation biotechnique de la pisciculture en étang dans le cadre du développement durable des Exploitations Familiales Agricoles au Cameroun* (Doctoral dissertation, AGROCAMPUS OUEST).
- [10] Bennacer, M. & Djamai, M. (2021). *Mise En Place D'une Ferme Aquacole Techniques Et Principes* [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen].
- [11] Bard J., Bard, J., & Bard J. (1974). *Manuel de pisciculture tropicale*. Centre technique forestier tropical. [12] - Uddin, Md Nasir. "Development of automatic fish feeder." *Global Journals of Research in Engineering* 16.A2 (2016): 15-23
- [12] Uddin, M. N., Rashid, M., Mostafa, M. G., Belayet, H., Salam, S. M., Nithe, N., ... & Aziz, A. (2016). Development of automatic fish feeder. *Global Journal of Researches in Engineering: A Mechanical and Mechanics Engineering*, 16(2), 14-24.

- [13] El Shal, A. M., El Sheikh, F. M., & Elsbaay, A. M. (2021). Design and fabrication of an automatic fish feeder prototype suits tilapia tanks. *Fishes*, 6(4), 74.
- [14] Premalatha, K., Maithili, P., & Nandhini, J. (2017). Smart automatic fish feeder. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 5(7).
- [15] Shaari, M. F., Zulkefly, M. E. I., Wahab, M. S., & Esa, F. (2011, August). Aerial fish feeding system. In *2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation* (pp. 2135-2140). IEEE.
- [16] Fullerton, B., Swift, M. R., Boduch, S., Eroshkin, O., & Rice, G. (2004). Design and analysis of an automated feed-buoy for submerged cages. *Aquacultural engineering*, 32(1), 95-111.
- [17] Lekang, O. I. (2020). *Aquaculture engineering*. John Wiley & Sons.
- [18] Vauquelin, A. (2010). *Contribution à l'amélioration des performances des machines à courant continu à aimants permanents dans des applications automobiles à forts courants* (Doctoral dissertation, Compiègne).
- [19] <https://guide.directindustry.com/fr/bien-choisir-un-moteur-electrique/#3>
- [20] Massinissa, M. H., DJOUDER, M., & SAYAD, B. Thème.
- [21] Bouguerne, A. (2009). Diagnostic automatique des défauts des moteurs asynchrones. *Université Mentouri Constantine Faculté des sciences de l'ingénieur département d'électrotechnique. Juin 2009*.
- [22] -<https://fr.jf-parede.pt/what-is-dc-motor-basics>
- [23] KAZI TANI NADJIB. (2022). Etude des propriétés fondamentales des machines à courant continu [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen].
- [24] لطيفة & نزلي الطيب, عتير (2019). Etude et simulation de la commande d'un moteur à courant continu à excitation série par un redresseur commandé.
- [25]-  
<http://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/32/Capteurs1/index.html?Introduction.html>
- [26] Mustapha Sarra. Cour capteur , actionneurs , faculté des sciences et de la technologie département d'électronique , université de Bordj Bou Arreridj

- [27] Sanogo, Y. (2012). *Conception et fabrication de capteurs et de leur technique d'interrogation pour des applications dans les domaines de la santé et de l'environnement* (Doctoral dissertation, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan).
- [28] HANICHE Malika. (2018) . *Internet des objets dans le domaine de l'agriculture de demain*», (Mémoire de Master Université moulou maamri)
- [29] Michel, G., & Girard, B. (1988). *Les API: architecture et applications des automates programmables industriels*. Dunod.
- [30] AIDOU, M. (2020). *Automatismes industriels*.
- [31] - <https://www.univ-reims.fr/meserp/descriptif-du-materiel/descriptif-du-materiel,9506,27016.html>
- [32] Berger, H. (2012). *Automating with STEP 7 in STL and SCL: SIMATIC S7-300/400 programmable controllers*. John Wiley & Sons.
- [33] OKBA, H., MILOUDI, A., & HAMEL, Z. *Étude et simulation par Automate Siemens S7-300 d'un procédé potabilisateur* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA).
- [34] SIEMENS, A. (2011). SIMATIC S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Technical specifications. *Nürnberg: Siemens AG*.
- [35] Siemens, S. I. M. A. T. I. C. (2006). *Programmer avec STEP 7. Manuel. Allemagne: Siemens*.
- [36] SIEMENS, M. (2008). *S7PLCSIM, Testez vos programmes*.