UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES FÈS
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES
SYSTÈMES INTELLIGENTS & RÉSEAUX

MISE EN PLACE D'UNE SOLUTION DE SUPERVISION/MES

LIEU DE STAGE : ELEXIS

RÉALISÉ PAR : ILHAM ELHIABI

SOUTENU LE 23/06/2012

ENCADRÉ PAR :

MR. A.BENABBOU (FSTF)
MR. K.ABBAD (FSTF)
MR. M.FIRDAWSI (ELEXIS)

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

MR. A.ZAHI (FSTF)
MR. A.BENABBOU (FSTF)
MR. K.ABBAD (FSTF)
MME. A.BEGDOURI (FSTF)
MR. M.FIRDAWSI (ELEXIS)

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2011-2012

Dédicace

A l'âme de mon cher père…

A ma chère mère…

A mes chers frères et sœurs…

A toute ma famille…

A tous mes amis…

A tous ceux qui me sont chers…

Je dédie ce modeste travail…..

Ilham ELHIABI

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier DIEU le tout puissant, qui sans sa bénédiction un tel travail n'aurait pas pu être réalisé.

Il m'est agréable de m'acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce projet, a favorisé son aboutissement.

Ainsi, au terme de ce travail, je tiens à remercier cordialement Mr. Mostafa FIRDAWSI mon encadrant au sein de la société ELEXIS, qui n'a pas manqué de me préparer les conditions favorables au bon déroulement du projet ainsi que ses conseils pertinents qui m'ont été d'un appui considérable dans mon démarche.

Mes remerciements les plus sincères vont à Mr. Abderrahim BENABBOU et Mr. Khalid ABBAD qui ont accepté d'encadrer mon travail. Pour leurs encadrements précieux et leurs conseils constructifs, qu'ils trouvent dans ce travail le modeste témoignage de ma haute considération et ma sincère reconnaissance.

Je saisie aussi l'occasion pour remercier tout le personnel de la société ELEXIS, pour son soutien et pour sa générosité considérable quant à l'offre de l'information.

Je présente aussi mes remerciements à tous les membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail.

Je ne saurais oublier dans mes remerciements tout le corps professoral de la FSTF pour la formation qu'il nous a prodiguée.

Que toutes les personnes qui ont participé de prés ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements.

Résumé

Le présent document constitue le fruit d'un travail accompli dans le cadre de notre projet de fin d'études au sein de la société ELEXIS.

L'objectif du stage était de mettre en place une solution de Supervision/MES pour l'atelier de réception et prétraitement du lait de l'Usine Centrale Laitière de Salé qui est l'un des clients de la société ELEXIS.

Ce rapport est axé sur quatre grands chapitres. Le premier chapitre définit le contexte général du projet à savoir la présentation de la société d'accueil, la définition du projet ainsi qu'une étude sur la supervision industrielle et le système MES. Le deuxième chapitre décrit l'étude fonctionnelle du projet et les modules du futur système. Le troisième chapitre décrit les étapes de l'analyse et de la conception de notre solution. Quant au dernier chapitre, il présente les différentes étapes de la mise en œuvre du projet en abordant les outils utilisés avec la présentation de quelques interfaces de notre système.

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
API	Application Programming Interface
CDDL	Common Development and Distribution License
ERP	Enterprise Resource Planning
GSM	Global System for Mobile communications
GTC	Gestion Technique Centralisée
HSLF	Horrible Slide Layout Format
HSSF	Horrible SpreadSheet Format
HWPF	Horrible Word Processor Format
IDE	Integrated Development Environment
IHM	Interface Homme Machine
JDBC	Java DataBase Connectivity
JDK	Java Development Kit
LCD	Langage de Contrôle de l'accès de Données
LDD	Langage de Définition des Données
LMD	Langage de Manipulation de Données
MES	Manufactoring Execution System
MRP	Material Requirements Planning
OCP	Office Chérifien des Phosphates
PME	Petites et Moyennes Entreprises
POI	Poor Obfuscation Implementation
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGBDR	Serveur de Gestion de Bases de Données Relationnelles
SNCC	Systèmes Numériques de Contrôle-Commande
SQL	Structured Query Language
UML	Unified Modeling Language

Liste des figures

Figure 1 : Fiche technique de la société Elexis 14
Figure 2 : Activités principales de la société ELEXIS 15
Figure 3 : Activité de Tableauteur 16
Figure 4 : Partenaires de la société ELEXIS 17
Figure 5 : La position hiérarchique de la supervision dans un système automatisée 19
Figure 6 : Fonctions de la supervision 20
Figure 7 : Positionnement du MES dans l'entreprise 22
Figure 8 : Fonctionnalités d'un système MES 23
Figure 9 : Interface de l'outil Entreprise Architect 28
Figure 10 : Identification et description de l'acteur: Responsable technique 29
Figure 11 : Identification et description de l'acteur: Agent technique 29
Figure 14 : Diagramme des cas d'utilisation de l'agent technique 37
Figure 15 : Diagramme des cas d'utilisation du responsable technique. 38
Figure 16 : Architecture fonctionnelle du système 39
Figure 17 : Diagramme de séquence d'authentification au système 45
Figure 18 : Diagramme de séquence "Ajouter rapport" 46
Figure 19 : Diagramme de séquence "Modifier Produit" 47
Figure 20 : Diagramme d'états du processus de l'atelier 48
Figure 21 : Diagramme des classes 50
Figure 22 : Diagramme de composants 51
Figure 23 : diagramme de déploiement 53
Figure 24 : Interface de MySQL Workbench 59
Figure 25 : Interface de Netbeans 60
Figure 26 : Explorateur Vijeo Citect 61
Figure 27 : Editeur de projets Vijeo Citect 61
Figure 28 : éditeur graphique Vijeo Citect 62
Figure 29 : fenêtre authentification des agents techniques 63
Figure 30 : Message d'échec de l'authentification 63
Figure 31 : Interface d'accueil de l'application des agents techniques 64
Figure 32 : Fenêtre ajout nouveau rapport d'intervention 65
Figure 33 : Fenêtre Modifier un rapport d'intervention 66
Figure 34 : Fenêtre authentification du responsable technique 66
Figure 35 : Page d'accueil de l'application du responsable technique 67
Figure 36 : Fenêtre globale de la partie MES 68
Figure 37 : Page d'ajout nouvel agent technique 68
Figure 38 : Liste de tous les rapports d'interventions 69
Figure 39 : Pages des statistiques de gestion de la maintenance 69
Figure 40 : Répartition temps d'arrêt par type de panne 70
Figure 41 : Fenêtre d'ajout nouveau produit 71
Figure 42 : Liste des consommations journalières de l'énergie 71

Figure 43 : Définition du cluster 72
Figure 44 : définition d'une adresse réseau 72
Figure 45 : Définition du serveur d'alarmes 73
Figure 46 : Définition du serveur des rapports 73
Figure 47 : Définition du serveur de tendances 73
Figure 48 : définition du serveur d'E/S 74
Figure 49 : configuration d'un périphérique d'E/S 74
Figure 50 : Définition d'une variable 74
Figure 51 : définition d'une alarme 75
Figure 52 : Définition d'un événement 75
Figure 53 : Fenêtre principale de la partie supervision 76
Figure 54 : Page de supervision du processus 77
Figure 55 : Configuration d'un événement pour l'archivage de la consommation journalière 78
Figure 56 : Page de supervision des schémas électrique 78
Figure 57 : Affichage des courbes de tendances et les données instantanées 79

Liste des tableaux

Tableau 1 : Identification des cas d'utilisation de l'agent technique 30
Tableau 2 : Identification des cas d'utilisation du responsable technique 31
Tableau 3 : Sommaire du cas d'utilisation "Authentification 32
Tableau 4 : Scénario normal du cas d'utilisation "Authentification" 32
Tableau 5 : Sommaire du cas d'utilisation "Modifier mot de passe" 32
Tableau 6 : Scénario normal du cas d'utilisation "modifier mot de passe 33
Tableau 7 : Sommaire du cas d'utilisation "Ajouter rapport" 33
Tableau 8 : Scénario normal du cas d'utilisation "ajouter rapport" 33
Tableau 9 : Sommaire du cas d'utilisation "Modifier rapport" 34
Tableau 10 : Scénario normal du cas d'utilisation "modifier un rapport" 34
Tableau 11 : Sommaire du cas d'utilisation "Lister les rapports" 35
Tableau 12 : Scénario du cas d'utilisation "Lister les rapports" 35
Tableau 13 : Sommaire du cas d'utilisation "Exporter les rapports vers Excel" 35
Tableau 14 : Scénario du cas d'utilisation "Exporter les rapports vers Excel" 35
Tableau 15 : Sommaire du cas d'utilisation «Supprimer agent technique » 36
Tableau 16 : Scénario du cas d'utilisation "Supprimer agent technique" 36

Tables des matières

DEDICACE **2**
REMERCIEMENTS **3**
RESUME **4**
LISTE DES ABREVIATIONS **5**
LISTE DES FIGURES **6**
LISTE DES TABLEAUX **8**
TABLES DES MATIERES **9**
INTRODUCTION GENERALE **12**
CHAPITRE 1 : CONTEXTE GENERALE DU PROJET **13**
1.1 Présentation de la société d'accueil 14
1.1.1 Historique 14
1.1.2 Fiche technique 14
1.1.3 Effectif 15
1.1.4 Activités 15
1.1.5 Principales réalisations 17
1.1.6 Partenaires 17
1.2 Présentation du projet 18
1.3 Supervision 18
1.3.1 Définition 18
1.3.2 L'évolution de la supervision 18
1.3.3 Place de la supervision 19
1.3.4 Fonctions de la supervision 20
1.4 MES 21
1.4.1 Définition 21
1.4.2 Place du MES 21
1.4.3 Fonctionnalités du MES 22
CHAPITRE 2 : ETUDE FONCTIONNELLE DU PROJET **26**
2.1 Outil et environnement de modélisation 27
2.1.1 UML 27
2.1.2 Entreprise Architect 28

2.2 Diagramme des cas d'utilisation 28
2.2.1 Identification et description des acteurs 29
2.2.2 Identification et description des cas d'utilisation 30
2.2.3 Organisation des cas d'utilisation 36
2.3 Description des fonctionnalités 38
2.3.1 Architecture fonctionnelle 38
2.3.2 Module de gestion des agents techniques 39
2.3.3 Module de gestion des rapports d'interventions 40
2.3.4 Module de gestion de la maintenance. 40
2.3.5 Module de gestion de l'énergie 41
2.3.6 Module de gestion de la production 41
2.3.7 Module de supervision du processus 41
2.3.8 Module de supervision des schémas électriques 42
CHAPITRE 3: ANALYSE ET CONCEPTION 43
3.1 Modèle dynamique 44
3.1.1 Diagramme de séquences 44
3.1.2 Diagramme d'états-transitions 48
4.1 Modèle statique 48
4.1.1 Diagramme de classes 49
4.1.1 Diagramme de composants 51
4.1.2 Diagramme de déploiement 52
CHAPITRE 4: REALISATION ET MISE EN ŒUVRE 55
4.1 Environnement de développement 56
4.1.1 Java 56
4.1.2 API JFreeChart 56
4.1.1 API POI 57
4.1.1 API JDBC 57
4.1.2 Cicode 58
4.1.3 SQL 58
4.2 Outils de développement 59
4.2.1 MySQL Workbench 59
4.2.2 NetBeans 60
4.2.3 Vijeo Citect 60
4.3 Présentation de l'application 62

4.3.1 Application des agents techniques 62
4.3.1 Application du responsable technique 66
4.3.1.1 Partie MES 67
4.3.1.1 Partie Supervision 72
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 80
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE 81

Introduction génerale

Face à la grande compétitivité et la concurrence accrue, les entreprises ne cessent de chercher des moyens pour améliorer et augmenter leur productivité.

Les entreprises se doivent donc de maîtriser précisément leur système de production en termes d'utilisation et de coût. De plus pour être exploitées correctement, les données de production doivent être fiables et disponibles en temps réel. [1]

Sur le plan industriel, les solutions de Supervision/MES jouent un rôle primordial et significatif dans ce processus d'amélioration de la productivité.

En effet, la supervision industrielle permet de faire le suivi et le pilotage informatique d'un procédé en temps réel, ce qui permet d'avoir une visibilité claire sur les processus industriels dans le but d'améliorer le niveau du service.

Le système MES, quant à lui, permet de collecter en temps réel les données de production de l'usine. Ces données collectées permettent ensuite de réaliser un certain nombre d'activités d'analyse et prendre des décisions.

Dans le cadre d'une vision stratégique de l'amélioration du fonctionnement de son atelier de réception et prétraitement du lait, l'Usine Centrale Laitière de Salé, étant un client de la société ELEXIS, a opté pour une solution de Supervision/MES.

C'est dans cette perspective que la société ELEXIS nous a proposé comme projet de fin d'études, la mise en place d'une solution de Supervision/MES pour l'Usine Centrale Laitière de Salé.

Le présent rapport décrit l'essentiel du travail réalisé lors de ce projet. Il est composé de quatre chapitres.

Le premier chapitre définit le contexte général du projet, y compris la présentation de la société d'accueil, la présentation du projet et une étude sur la supervision industrielle et les systèmes MES.

Le deuxième chapitre décrit l'outil et l'environnement de modélisation, l'étude fonctionnelle du projet ainsi que les différents modules qui le constituent.

Le troisième chapitre se propose pour présenter les différentes étapes d'analyse et de la conception de notre système.

Le quatrième chapitre est réservé à la description détaillée de la phase de réalisation et mise en œuvre du projet. Elle commence par la présentation de l'environnement et les outils de développement pour s'achever avec la présentation des différentes tâches effectuées.

Une conclusion générale achèvera notre rapport.

Chapitre 1 : Contexte générale du projet

L'objectif de ce chapitre est de fournir une présentation générale du contexte du projet.

Le chapitre commence par une présentation de la société d'accueil puis une description du projet et enfin une étude sera consacré à la supervision industrielle et les systèmes MES.

1.1 Présentation de la société d'accueil

1.1.1 Historique

Après 18 années d'expérience au sein du groupe Schneider Electric, Mr M. FIRDAWSI a décidé en 2009, en concertation avec le groupe, de changer du statut « Salarié » au statut « Intégrateur » pour mettre ses compétences et son expertise au service des clients et des partenaires.

Il a, ainsi, créé la société « ELEXIS SARL » pour se joindre au réseau des intégrateurs officiels du groupe tout en apportant, une contribution adaptée aux nouvelles attentes et exigences du secteur industriel marocain en solutions d'automatismes et contrôle des machines.

1.1.2 Fiche technique

- **Type de société : Sarl**
- **Date de création: 2009**
- **Slogan:** ***Expertise à la conquête du meilleur service.***
- **Secteur d'activité : Automatisme et Contrôle industriel**
- **Marque représentée: SCHNEIDER ELECTRIC**
- **Capital social : 400 000 DH.**
- **Chiffre d'affaire (en 2010) : 1,6 MDH**
- **Directeur général : ElMostafa Firdawsi**
- **Effectif : 3 personnes.**
- **Registre de commerce : CASABLANCA 202829**
- **Identification fiscale : 401114677**
- **Patente : 37966780**
- **C.N.S.S : 8119853**
- **Siège social : Panorama, Imm G, Bloc 9, TR4, L11, Sidi Bernoussi Casablanca**
- **Tél/fax : 0522.76.84.83**
- **Email : elexis@menara.ma**

Figure 1 : Fiche technique de la société Elexis

1.1.3 Effectif

En plus de ses trois collaborateurs (un automaticien, un informaticien et un électrotechnicien), Elexis s'appuie, pour ses réalisations, sur d'autres PME partenaires en leur sou traitant les travaux qui sortent de sa vocation principale qui est la programmation, les automates programmables industriels et les logiciels de supervision ; Et ce afin de créer une synergie vers un développement pérenne.

1.1.4 Activités

- **Activités principales :**
  - Automatisme.
  - Télégestion.
  - Variateurs de vitesse.
  - Démarreurs Electroniques.

Figure 2 : Activités principales de la société ELEXIS

- **Activités périphériques :**
  - Gestion Technique Centralisée(Automatisme du bâtiment)
  - Vidéo surveillance.
  - Réseaux informatiques.

- **Metiers :**

  - Intégrateur :

    - Intégration de solutions autour des technologies et produits développés par le groupe Schneider Electric.
    - Migration de technologies et de fournisseur de matériel.

  - Tableautier :

    - Câblage et retro fit d'armoires électriques
    - Distribution électrique basse et moyenne tension.
    - Câblage et pré-câblage Informatique et télephonie.

Figure 3 : Activité de Tableauteur

  - Formateur :

    - Formation du capital humain technique.
    - Développement des compétences des techniciens de maintenance.
    - Ingénierie de formation de la filière technique électrique filière.

- **Conseiller :**

  - Optimisation énergétique, particulièrement électique.
  - Audit et maintennace des installations électrique et plan d'amélioration.

- Etude de faisabilité d'automatsation des procédés.
- Assistance à maîtrise d'ouvrage.

1.1.5 Principales réalisations

- Supervision de Neuf Tableaux MT/BT à l'OCP OuedZem
- Station de pompage à vitesse variable pour Amendis Tanger
- Télégestion par réseau GSM d'une station de pompage chez ANP Dakhla.
- Automatisation d'un palettiseur chez OILIBYA.

1.1.6 Partenaires

SCHNEIDER ELECTRIC avec ses grandes marques :

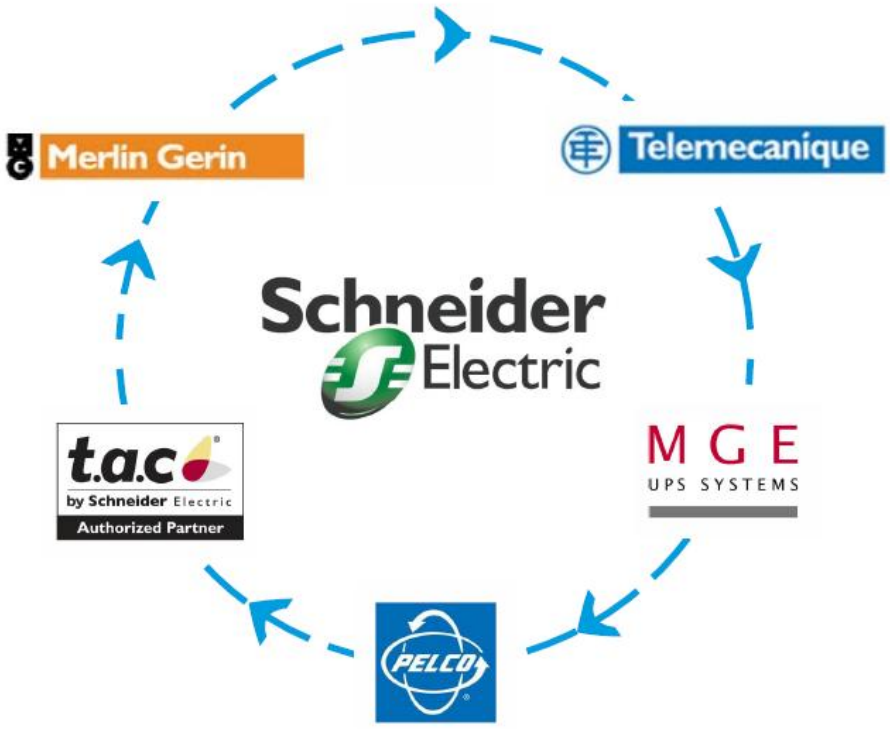


Figure 4 : Partenaires de la société ELEXIS

1.2 Présentation du projet

Dans le cadre d'améliorer sa productivité au sein de son atelier de réception et prétraitement du lait et donc piloter son processus de production en temps réel, l'Usine Centrale Laitière de Salé, étant l'un des clients de la société ELEXIS , a décidé de doter son atelier de réception et prétraitement du lait par une solution de Supervision/MES.

En effet cette solution est constituée de deux éléments :

- Le premier élément de la solution est la supervision du processus de l'atelier de réception et pétraitement du lait ainsi que la supervision des schémas éléctriques du même atelier.
- Le second élement est le système MES qui fournit les informations nécessaires à l'optimisation des activités de production depuis le lancement de l'ordre de fabrication jusqu'au produit fini. Il permet de gérer les agents techniques, la maintenance , la production et l'énergie.

Ces deux élements seront bien expliqués dans les prochaines sections de ce chapitre.

1.3 Supervision

1.3.1 Définition

La supervision industrielle est un système d'aide à la conduite et la surveillance, elle permet de surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé en temps réel, pour l'amener et le maintenir à son point de fonctionnement optimal.

La supervision industrielle est utilisée par de nombreux procédés, soit pour [2] :

- *GTC* (Gestion Technique Centralisée) pour la surveillance d'équipements ou locaux.
- *SNCC* (Systèmes Numériques de Contrôle-Commande), principalement pour des procédés de type continu.
- *SCADA* (Supervisory Control and Data Acquisition) pour la supervision, le contrôle et l'acquisition de données.
- Systèmes Manufacturiers.

1.3.2 L'évolution de la supervision

A ses débuts, la supervision se composait d'un grand tableau mural représentant la vision des opérateurs du processus industriel. Rapidement avec l'essor de l'informatique, les voyants

ont été remplacés par des écrans et des claviers. Le but restait le même : contrôler et commander un processus industriel.

Maintenant, la supervision est un maillon de l'information totale et intégrée de l'entreprise. Les nouvelles tendances dans ce domaine font état d'une future intégration de la gestion de production dans le contrôle-commande, d'un regroupement des données de l'atelier avec celles des bureaux, de manière directe et saine. Ainsi, chaque personne de l'entreprise, quel que soit son niveau, peut bénéficier d'un accès direct et en temps réel à toutes les données nécessaires à son travail.

1.3.3 Place de la supervision

Suite à l'automatisation industrielle, l'opérateur humain a été contraint de conduire (au sens de l'intervention) ou de superviser (au sens de la surveillance) des machines automatisées. Ainsi la position hiérarchique de la supervision dans un système automatisée est la suivante :

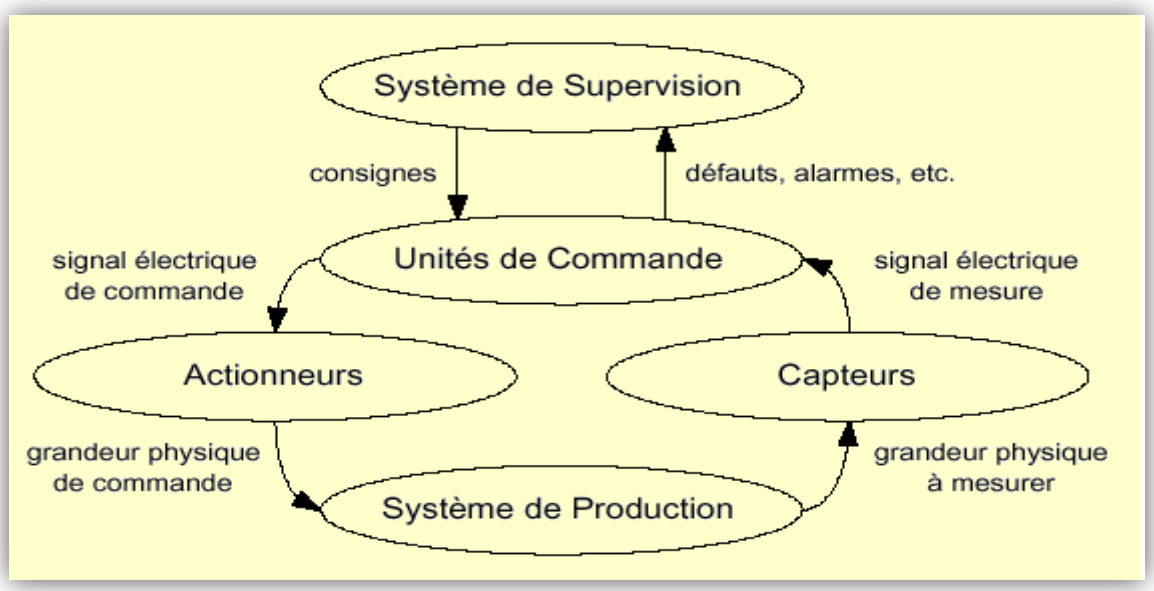


Figure 5 : La position hiérarchique de la supervision dans un système automatisée

Un système de supervision est souvent constitué :

- D'un module d'acquisition et de traitement des signaux physiques du procédé.
- D'un module de commande temps réel qui élabore les commandes en fonction des consignes, des signaux acquis et selon des modèles de commande prédéfinis.
- D'un module de contrôle qui permet de surveiller la commande, l'évolution du procédé, de déclencher des procédures de sécurité (arrêts d'urgence) ou de prévenir l'opérateur d'une situation anormale.

- D'un module de visualisation-stockage, qui permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses valeurs instantanées et historiques.

1.3.4 Fonctions de la supervision

Les logiciels de supervision sont une classe de programmes applicatifs dédiés à la production dont les buts sont [3] :

- L'assistance de l'opérateur dans ses actions de commande du processus de production (interface IHM dynamique…).
- La visualisation de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée de contrôle de processus, avec une mise en évidence des anomalies (alarmes)
- La collecte d'informations en temps réel sur des processus depuis des sites distants (machines, ateliers, usines….) et leurs archivage.
- L'aide à l'opérateur dans son travail (séquence d'actions..) et dans ses décisions (propositions de paramètres, signalisation de valeurs en défaut, aide à la résolution d'un problème…)
- Fournir des données pour l'atteinte d'objectifs de production (quantité, qualité, traçabilité, sécurité…)

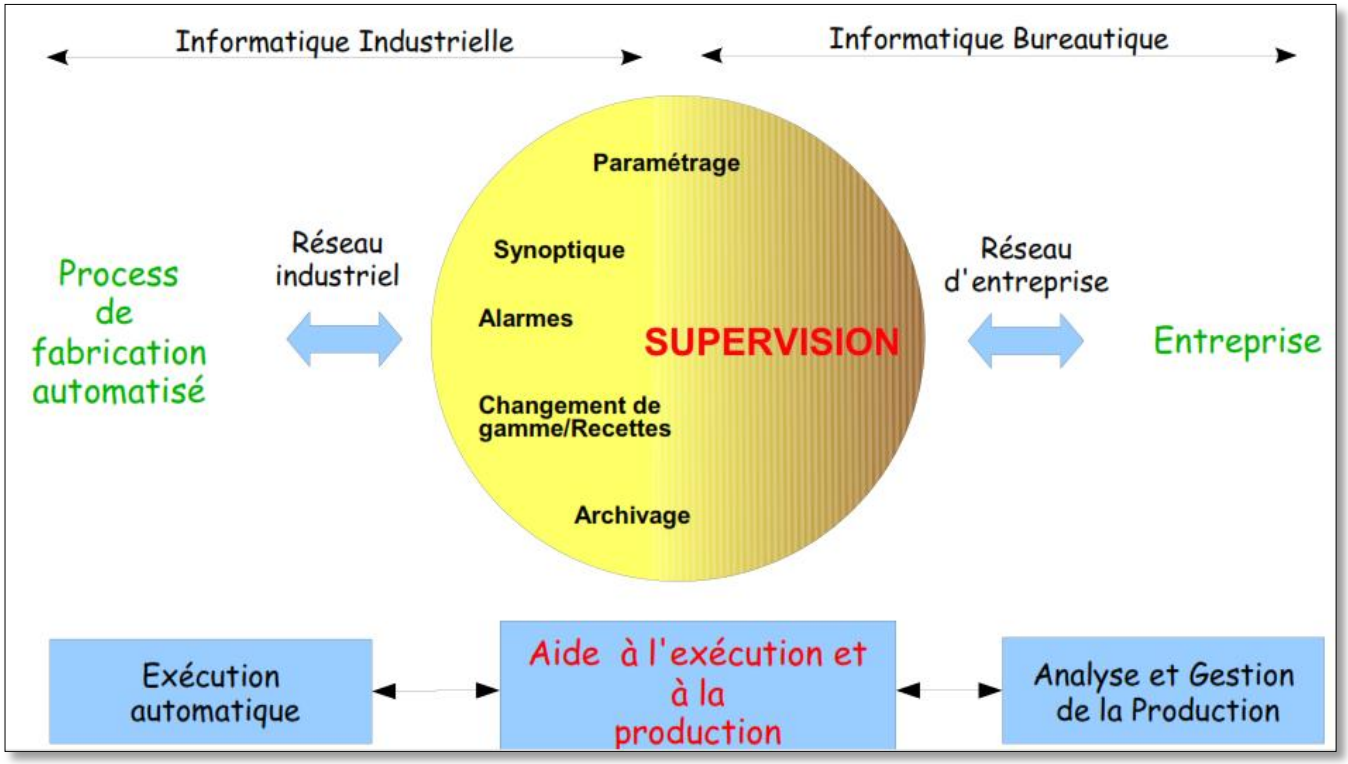


Figure 6 : Fonctions de la supervision

Les principales fonctionnalités d'un système de supervision sont [2] [4] :

- ***Gestion d'une base de données temps réel* :** cette fonction est la fonction essentielle d'un superviseur. Cette base de données doit être gérée en temps réel sur toutes les données de différentes natures requises. Ces données peuvent être liées directement à des équipements physiques, aux résultats d'un module de calcul intégré dans le superviseur ou à d'autres applications.

- ***Gestionnaire d'alarmes*** : calcule en tempe réel les conditions de déclenchement des alarmes, affiche l'ensemble des alarmes selon des règles de priorité, donne les outils de gestion depuis la prise en compte jusqu'à la résolution complète et assure l'enregistrement de toutes les étapes de traitement de l'alarme.

- ***Archivage des données*** : les changements d'état et les mesures peuvent être sauvegardés de manière cyclique ou événementielle afin de visualiser par exemple les courbes de tendance, de réutiliser les données archivées de faire des analyses plus fines.

- ***Fonction vue synoptique*** : fonction essentielle de la supervision, fournit une représentation synthétique, dynamique et instantanée de l'ensemble des moyens de production de l'unité et permet à l'opérateur d'interagir avec le processus et de visualiser le comportement normal et anormal.

- ***Courbes de tendances*** : donne une représentation graphique de différentes données du processus et des outils d'analyse des variables historiées

1.4 MES

1.4.1 Définition

MES (Manufactoring Execution System ou outil d'exécution de la production) est un système informatique qui permet de collecter en temps réel les données de production de tout ou partie de l'usine. Ces données collectées permettent ensuite de réaliser un certain nombre d'activités d'analyse. [5]

1.4.2 Place du MES

Le MES a pour rôle principal de faire la liaison entre le niveau planification de la production et le niveau exécution, qui n'est pas considéré précisément par les logiciels comme les MRP (Material Requirements Planning) et les ERP (Enterprise Resource Planning).

Pour cette raison, deux systèmes d'informations différents doivent inter-opérer : le système d'information de gestion de l'entreprise (composé par les automates programmables industriels

et la supervision) et le système d'information de contrôle de la fabrication (composé par les logiciels de gestion industrielle, ERP….). Le MES joint ces deux systèmes comme illustré dans la figure suivante :

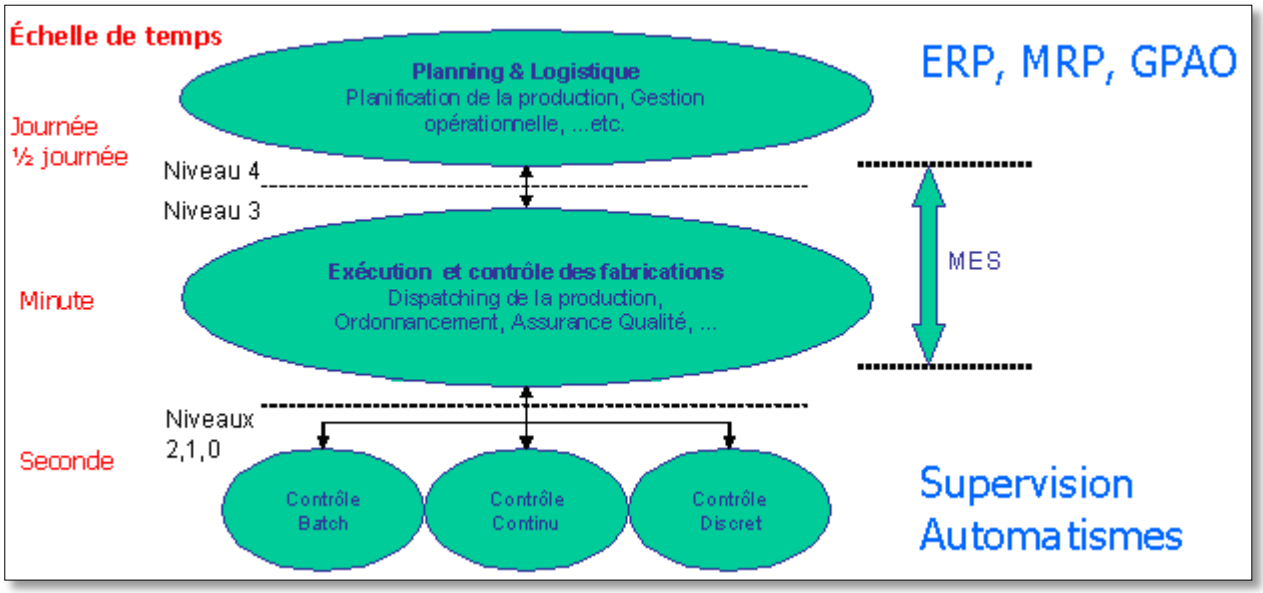


Figure 7 : Positionnement du MES dans l'entreprise

1.4.3 Fonctionnalités du MES

Les systèmes MES doivent délivrer des informations permettant l'optimisation des activités de production depuis l'ordre de fabrication jusqu'aux produits finis. [6]

Pour cela, un jeu divers de fonctions a été mis en place. Celles-ci, au nombre de onze, se concentrent sur trois ressources primaires qui doivent être gérées : les personnels, les matériels et les équipements.

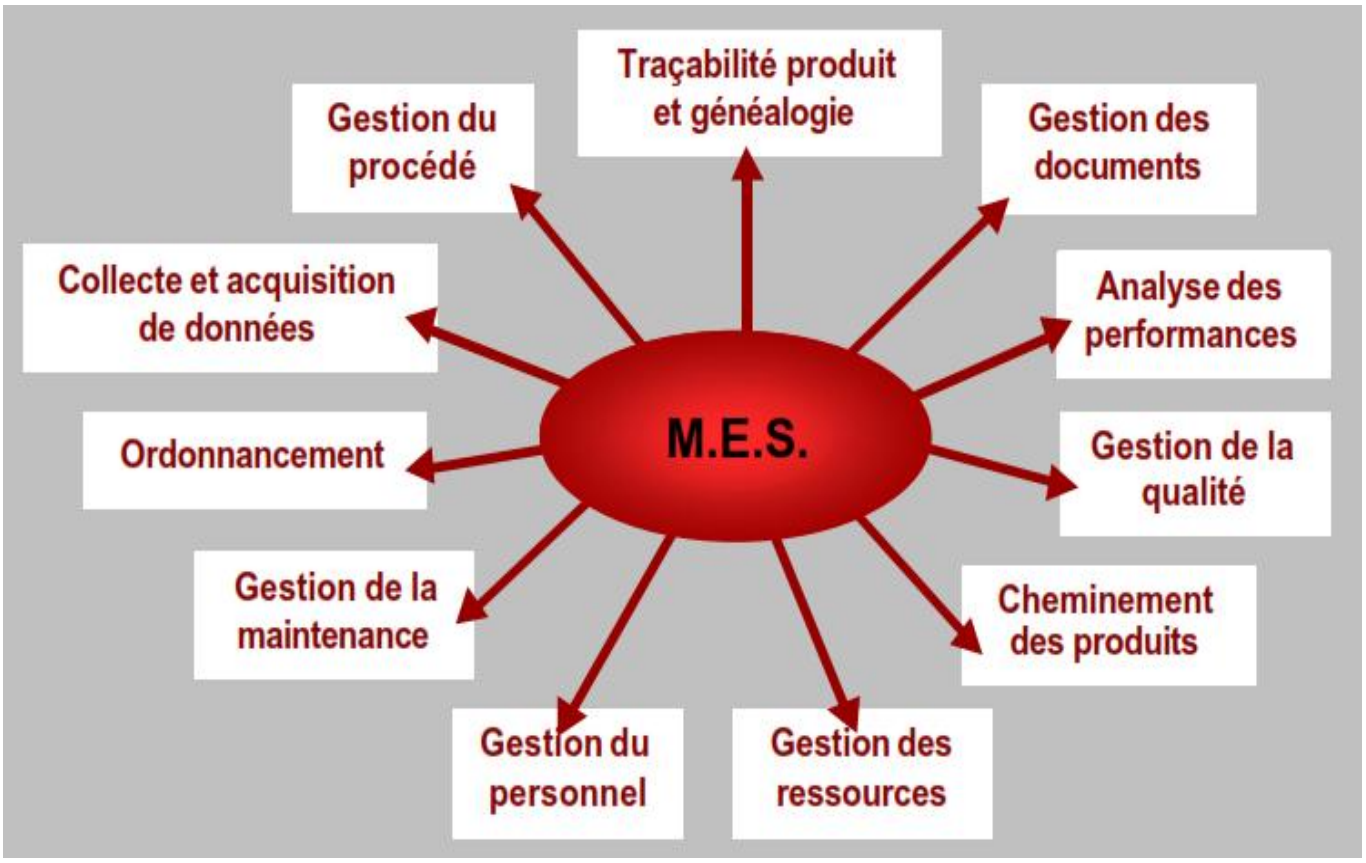


Figure 8 : Fonctionnalités d'un système MES

- ***Collecte et Acquisition des données :*** le MES dispose d'une grande capacité de communication avec des matériels sur le terrain pour collecter les données en temps réel, que celles- ci soient saisies manuellement par les opérateurs ou acquises automatiquement par le système de contrôle-commande.

- ***Ordonnancement :*** cette fonction permet d'ordonnancer les activités et les produits pour optimiser les performances de l'atelier par une connaissance approfondie sur l'état réel des ressources humaines et matériels disponibles.

- ***Gestion du personnel :*** son rôle est de gérer les acteurs de l'atelier, mettre à jour leur disponibilité et enregistrer qui a fait quoi pendant combien de temps. Elle peut être aussi utilisée par la fonction de gestion des ressources pour l'attribution des tâches.

- ***Gestion des ressources :*** permet d'assurer la gestion de toutes les ressources de l'atelier (équipement, personnel, document, etc.), suivre en temps réel l'évolution de leur état, prendre toutes les dispositions pour que chacune d'elles soit disponible au moment où on en a besoin, conformément au planning de fabrication, enregistrer l'historique de leur utilisation.

- ***Cheminement des produits :*** l'avantage est de déterminer le cheminement des produits dans l'atelier conformément aux recettes ou gammes de fabrication utilisées

et en tenant compte de l'état réel de l'atelier (pannes, retards, etc.), permettre l'exécution de tâches non prévues dans la recette (recyclages, nettoyages, mises en attente, etc.).

- ***Traçabilité produit et généalogie :*** permet de suivre les produits en temps réel afin de conserver l'historique complet des composants utilisés et des conditions de production de chaque produit fini.
- ***Contrôle de qualité :*** le rôle est d'analyser en temps réel l'évolution de tous les indicateurs qualité d'où qu'ils viennent (procédé, laboratoire, etc.), identifier les problèmes potentiels, signaler ces problèmes aux acteurs de l'atelier en recommandant des actions (changement de consigne, demande d'inspection, etc.).
- ***Gestion du procédé :*** cette fonction doit analyser l'évolution du procédé, identifier les problèmes potentiels, corriger automatiquement ces problèmes ou les signaler aux opérateurs en recommandant des actions.
- ***Gestion de la maintenance :*** son rôle est de planifier les tâches visant à maintenir l'outil de production dans l'état nécessaire à une production optimale (maintenances périodique, préventive et corrective) et de maintenir un historique de ces activités.
- ***Analyse des performances :*** cette fonction permet de comparer les résultats obtenus aux objectifs fixés par l'entreprise, les clients ou les contraintes réglementaires et de fournir des rapports aux utilisateurs.
- ***Gestion des documents :*** son rôle est de gérer et distribuer tous les documents nécessaires à l'exploitation de l'atelier (procédures, schémas, etc.).[6][7][8]

Généralement les usines ne sont pas semblables, donc les demandes du MES ne sont pas uniformes. Cette diversité de besoins au niveau de l'usine conduit à une diversité des solutions MES qui correspondent à chacune d'elles et donc évaluer leurs propres besoins.

En effet, il y a deux critères de choix d'un MES :

- L'activité de l'entreprise : par exemple, dans le cas d'une activité pharmaceutique, les fonctions retenues seront la gestion des documents, la collecte et l'acquisition de données, la gestion du personnel, la traçabilité produit et généalogie.

- Le procédé à gérer : par exemple pour un procédé manufacturier, les fonctions retenues seront la gestion des ressources, l'ordonnancement, la collecte et l'acquisition des données, la gestion du personnel, la gestion de la maintenance, la traçabilité produit et la généalogie.

Indépendamment de ces deux critères, les spécialistes s'accordent sur qu'une solution MES doit comprendre au moins trois à quartes fonctions afin que celui-ci soit considéré comme tel.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons commencé par présenter la société d'accueil, ensuite nous avons passé à la présentation de notre projet et enfin nous avons élaboré une étude sur la supervision industrielle et les systèmes MES.

Le chapitre suivant est dédié à l'étude fonctionnelle du projet.

Chapitre 2 : Etude fonctionnelle du projet

Le présent chapitre constitue une étude fonctionnelle du projet. Nous allons d'abord présenter l'environnement et l'outil de modélisation et ensuite nous passons à la capture des besoins fonctionnels en définissants les diagrammes de cas d'utilisation ainsi que l'architecture fonctionnelle du projet.

2.1 Outil et environnement de modélisation

La spécification des besoins est une étape très importante, car elle permet aux utilisateurs finaux qui ne sont pas toujours des informaticiens, de bien exprimer leurs besoins et de bien comprendre les fonctionnalités que le système va offrir.

En effet le but de la construction d'un logiciel est de répondre aux besoins des utilisateurs qui définissent en outre ses limites. Toute erreur dans la phase d'analyse, de spécification ou de modélisation se paie cher à livraison.

Pour cela, il est nécessaire d'employer des outils de modélisation reposant sur un formalisme non ambigu et reconnu (facilite le dialogue entre le concepteur et l'utilisateur).

Pour bien mener ce projet nous avons choisi d'utiliser le langage de modélisation UML et l'environnement de modélisation Entreprise Architect.

2.1.1 UML

UML (Unified Modeling Langage) est un langage visuel de modélisation objet. Il permet de capturer les caractéristiques d'un système et de les exprimer à l'aide des notations précises : des diagrammes.

UML est une notation graphique conçue pour représenter, spécifier, construire et documenter les systèmes logiciels. Il permet de construire plusieurs modèles d'un système, chacun mettra en valeur des aspects différents : fonctionnels, statistiques et dynamiques.

Ses deux principaux objectifs sont :

- La modélisation de systèmes en utilisant les techniques orientées objets, de la conception jusqu'à la maintenance.
- La création d'un langage abstrait compréhensible par l'homme et interprétable par la machine.

Les grandes qualités qui font qu'UML est un langage incontournable sont :

- UML est un langage de modélisation objet.
- UML est composé de modules (diagrammes) utilisables indépendamment les uns des autres et qui expriment les caractéristiques du système au cours de son cycle de vie.
- UML n'est lié à aucune technologie ou aucun langage et peut être donc utilisé pour n'importe type de développement. [9][10].

2.1.2 Entreprise Architect

Enterprise Architect est un environnement de modélisation visuel d'une grande performance, permettant une productivité accrue tout en respectant les standards liés au langage UML 2.4.1.

C'est un outil d'analyse et de création UML, couvrant le développement de logiciels du rassemblant d'exigences, en passant par les étapes d'analyse, les modèles de conception et les étapes de test et d'entretien. [11]

Malgré ses fonctionnalités innombrables, Enterprise Architect reste toute fois un outil abordable permettant aisément le déploiement dans des équipes de grandes envergures.

Cet outil graphique basé sur Windows, peut être utilisé par plusieurs personnes et conçu pour les aider à conduire des logiciels faciles à mettre à jour. Il comprend un outil de production de documentation souple et haute qualité.

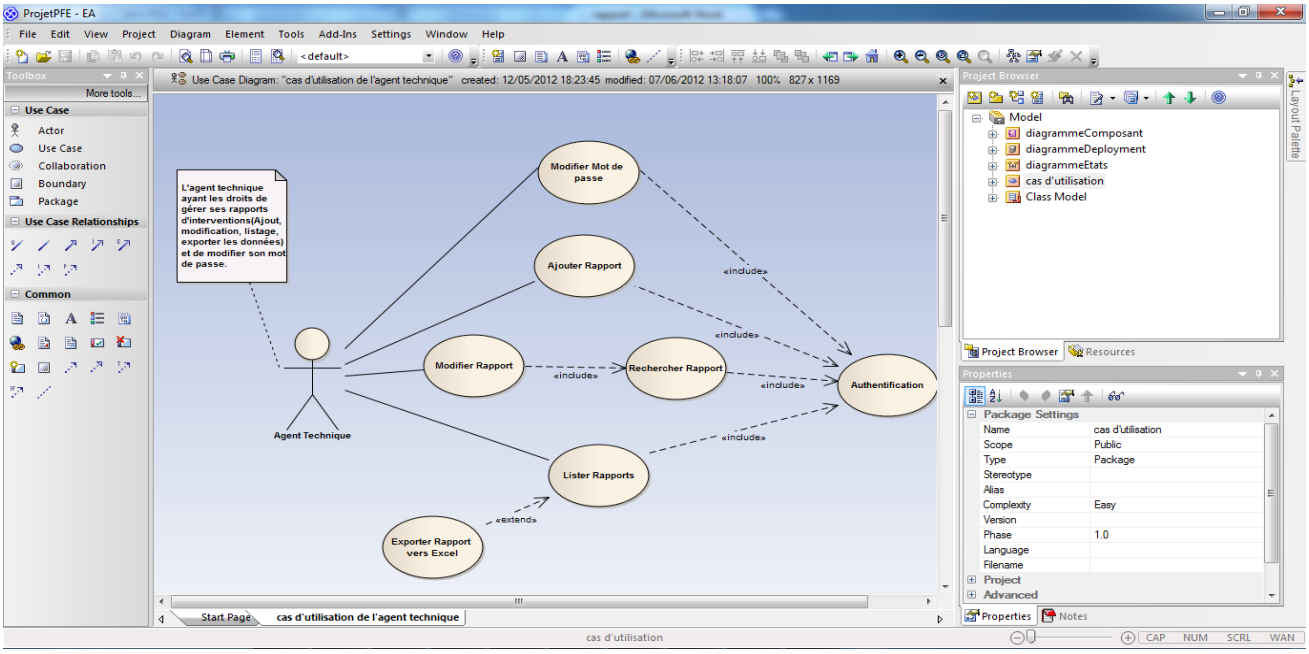


Figure 9 : Interface de l'outil Entreprise Architect

2.2 Diagramme des cas d'utilisation

Le diagramme des cas d'utilisation permet de spécifier les besoins du système. Il est basé sur la démarche suivante :

- Identification et description des acteurs.
- Identification et description des cas d'utilisation.

- Organisation des cas d'utilisations.

2.2.1 Identification et description des acteurs

Un acteur est une entité externe (utilisateur humain, objet, machine, dispositif matériel, ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié et qui déclenche la réalisation d'une activité afin de remplir ses obligations.

Une même personne peut représenter plusieurs acteurs (joue plusieurs rôles) et plusieurs personnes peuvent représenter un même acteur (jouent un même rôle). [9]

Les acteurs principaux de notre système sont au nombre de deux :

- Le responsable technique :

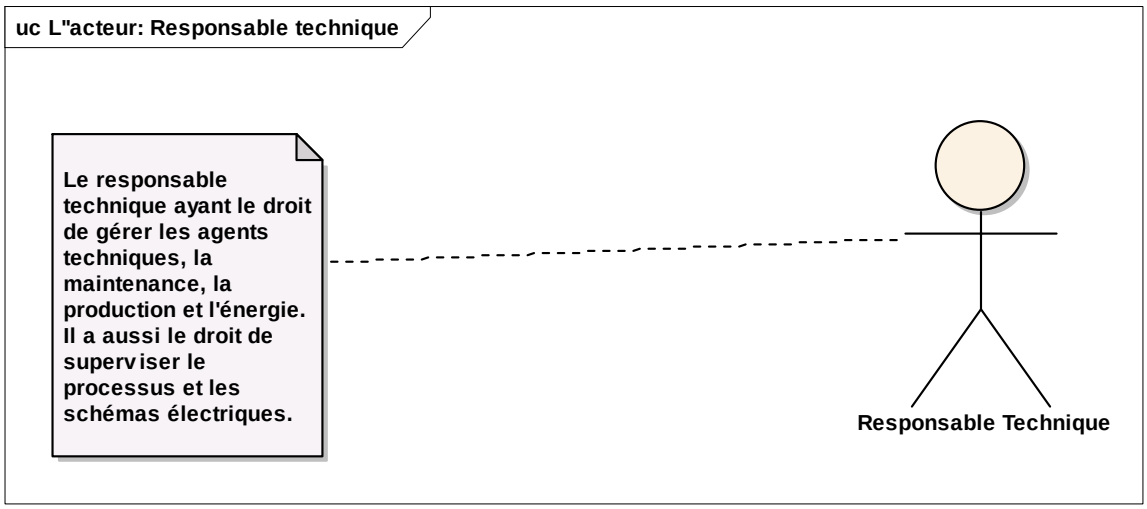


Figure 10 : Identification et description de l'acteur: Responsable technique

- L'agent technique :

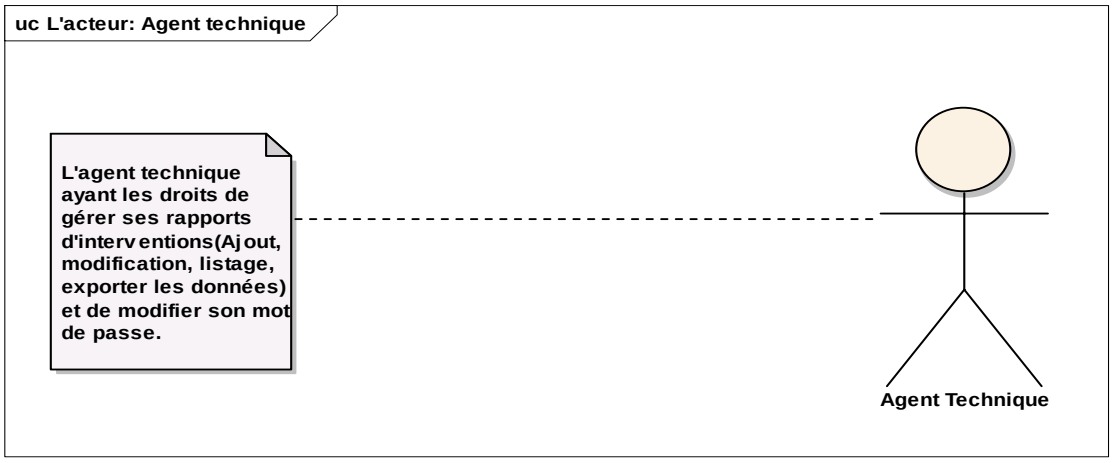


Figure 11 : Identification et description de l'acteur: Agent technique

2.2.2 Identification et description des cas d'utilisation

Les cas d'utilisation permettent de représenter le fonctionnement du système vis-à-vis de l'utilisateur : c'est donc une vue du système dans son environnement extérieur.

Dans ce qui suit, nous présentons les cas d'utilisation du responsable technique et l'agent technique qui mettent en évidence les principales fonctionnalités de chaque rôle.

- Identification des cas d'utilisation

  - *Identification des cas d'utilisation du l'agent technique.*

Cas d'utilisation
Authentification
Ajouter rapport
Modifier rapport
Lister rapports
Modifier mot de passe
Exporter rapport vers Excel

Tableau 1 : Identification des cas d'utilisation de l'agent technique

  - *Identification des cas d'utilisation du responsable technique.*

Cas d'utilisation	
Authentification	
Gestion des agents techniques	Ajouter Agent technique
	Modifier Agent technique
	Lister Agents techniques
	Supprimer Agents technique
	Exporter données vers Excel
Gestion de la maintenance	Lister rapport d'interventions
	Exporter données vers Excel
	Consulter les statistiques

Gestion de la production	Ajouter produit brut
	Modifier produit brut
	Supprimer produit brut
	Lister produits bruts
	Exporter données vers Excel
	Ajouter produit prétraité
	Modifier produit prétraité
	Supprimer produit prétraité
	Lister produits prétraités
Gestion de l'énergie	Afficher facture journalière
	Afficher facture mensuelle
	Exporter données vers Excel
Supervision du processus	Visualiser le processus
	Afficher les alarmes
Supervision des schémas électriques	Visualiser les armoires électriques
	Afficher les données instantanées
	Afficher les courbes de tendances
	Afficher les alarmes

Tableau 2 : Identification des cas d'utilisation du responsable technique

- Description des cas d'utilisation

Pour décrire les cas utilisation de chaque acteur, nous allons suivre deux modèles :

- Description sommaire.
- Description détaillée par scénario.

Nous allons décrire ci-dessus quelques cas d'utilisation :

Description des cas d'utilisation de l'agent technique.

- *Cas d'utilisation « Authentification »*

Cas d'utilisation	Authentification
Précondition	L'acteur souhaite utiliser le système.
Début	Saisir le login et le mot de passe
Fin	Valider la saisie
Postcondition	Tous les champs ont été saisis

Tableau 3 : Sommaire du cas d'utilisation "Authentification

Action acteur	Action système
1. L'acteur saisie son login et son mot de passe	
2. L'acteur valide la saisie	
	3. Le système vérifie que tous les champs sont remplis correctement
	4. Le système vérifie que les informations de l'acteur existent dans la base de données et le login est associé au mot de passe.
5. L'utilisateur accède au système	

Tableau 4 : Scénario normal du cas d'utilisation "Authentification"

- *Cas d'utilisation « Modifier mot de passe »*

Cas d'utilisation	Modifier mot de passe
Précondition	L'acteur est connecté au système
Début	Saisir le nouveau mot de passe
Fin	Valider la saisie
Postcondition	Le champ mot de passe n'est pas vide

Tableau 5 : Sommaire du cas d'utilisation "Modifier mot de passe"

Action acteur	Action système
1. L'acteur saisi le nouveau mot de passe	
2. L'acteur valide la saisie	

	3. Le système vérifie que le champ est rempli correctement
	4. Le système envoie un message de confirmation de la modification
5. L'utilisateur accepte la modification	
	6. Le système enregistre la modification dans la base de données

Tableau 6 : Scénario normal du cas d'utilisation "modifier mot de passe

- *Cas d'utilisation « Ajouter un rapport »*

Cas d'utilisation	Ajouter un rapport
Précondition	L'acteur est connecté au système
Début	Saisir les informations du rapport
Fin	Valider la saisie
Postcondition	Tous les champs ont été saisis

Tableau 7 : Sommaire du cas d'utilisation "Ajouter rapport"

Action acteur	Action système
1. L'acteur saisie les informations du nouveau rapport	
2. L'acteur valide la saisie	
	3. Le système vérifie que tous les champs sont remplis correctement
	4. Le système envoie un message de confirmation de l'ajout du nouveau rapport
5. L'utilisateur accepte l'ajout du nouveau rapport	
	6. Le système enregistre le nouveau rapport dans la base de données.

Tableau 8 : Scénario normal du cas d'utilisation "ajouter rapport"

- *Cas d'utilisation « Modifier un rapport»*

Cas d'utilisation	Modifier un rapport
Précondition	L'acteur est connecté au système
Début	Chercher l'id du rapport à modifier
Fin	Valider la saisie de nouvelles informations
Postcondition	Tous les champs ont été saisis

Tableau 9 : Sommaire du cas d'utilisation "Modifier rapport"

Action acteur	Action système
1. L'acteur cherche l'id du rapport dans la liste des id des rapports	
2. L'acteur sélectionne l'id du rapport et clique sur le bouton modifier	
	3. Le système affiche les informations du rapport cherché
4. L'acteur modifie les informations du rapport	
5. L'acteur valide la nouvelle saisie	
	6. Le système vérifie que tous les champs sont remplis correctement e système
	7. Le système envoie un message de confirmation de l'ajout du nouveau rapport
8. L'acteur accepte les modifications	
	9. Le système maintient à jour les informations du rapport dans la base de données.

Tableau 10 : Scénario normal du cas d'utilisation "modifier un rapport"

- *Cas d'utilisation « Lister les rapports »*

Cas d'utilisation	Lister les rapports
Précondition	L'acteur est connecté au système

Début	Cliquer sur le bouton lister les rapports
Fin	Visualiser la liste des rapports
Postcondition	Aucune

Tableau 11 : Sommaire du cas d'utilisation "Lister les rapports"

Action acteur	Action système
1. L'acteur clique sur le bouton lister les rapports	
	2. Le système affiche la liste des rapports
2. L'acteur consulte la liste des rapports	

Tableau 12 : Scénario du cas d'utilisation "Lister les rapports"

- *Cas d'utilisation « Exporter les rapports vers Excel»*

Cas d'utilisation	Exporter les rapports vers Excel
Précondition	L'acteur consulte la liste des rapports
Début	Cliquer sur le bouton Enregistrer
Fin	Valide l'exportation
Postcondition	Le nom et l'emplacement du fichier sont corrects

Tableau 13 : Sommaire du cas d'utilisation "Exporter les rapports vers Excel"

Action acteur	Action système
1. L'acteur clique sur le bouton enregistrer	
	2. Le système affiche une nouvelle fenêtre pour choisir le nom et l'emplacement du fichier Excel
3. L'acteur saisie le nom du fichier et choisit son emplacement.	
	4. Le système vérifie la validité du nom et de l'emplacement.
	5. Le système enregistre le fichier et envoie un message de succès de l'opération.

Tableau 14 : Scénario du cas d'utilisation "Exporter les rapports vers Excel"

- Description des cas d'utilisation du responsable technique.

  - Cas d'utilisation « Supprimer Agent technique »

Cas d'utilisation	Supprimer Agent technique
Précondition	L'acteur est connecté au système
Début	Chercher l'id de l'agent technique à supprimer
Fin	Visualiser la suppression
Postcondition	L'id à supprimer existe

Tableau 15 : Sommaire du cas d'utilisation «Supprimer agent technique »

Action acteur	Action système
1. L'acteur cherche l'id à supprimer dans la liste des identifiants.	
2. L'acteur sélectionne l'id et clique sur le bouton supprimer	
	3. Le système envoie un message de confirmation de la suppression
4. L'acteur accepte la suppression	
	5. Le système supprime de la base de données toutes les informations associées à l'id.
	6. Le système envoie un message du succès de l'opération

Tableau 16 : Scénario du cas d'utilisation "Supprimer agent technique"

2.2.3 Organisation des cas d'utilisation

Cette étape permet de regrouper les cas d'utilisation suivant le métier, c'est-à-dire par groupe d'acteurs fortement reliés. Elle permet aussi de décrire dans chaque paquetage les relations entre les cas d'utilisation.

A la fin cette étape nous obtenons les diagrammes des cas d'utilisation complets pour chaque acteur.

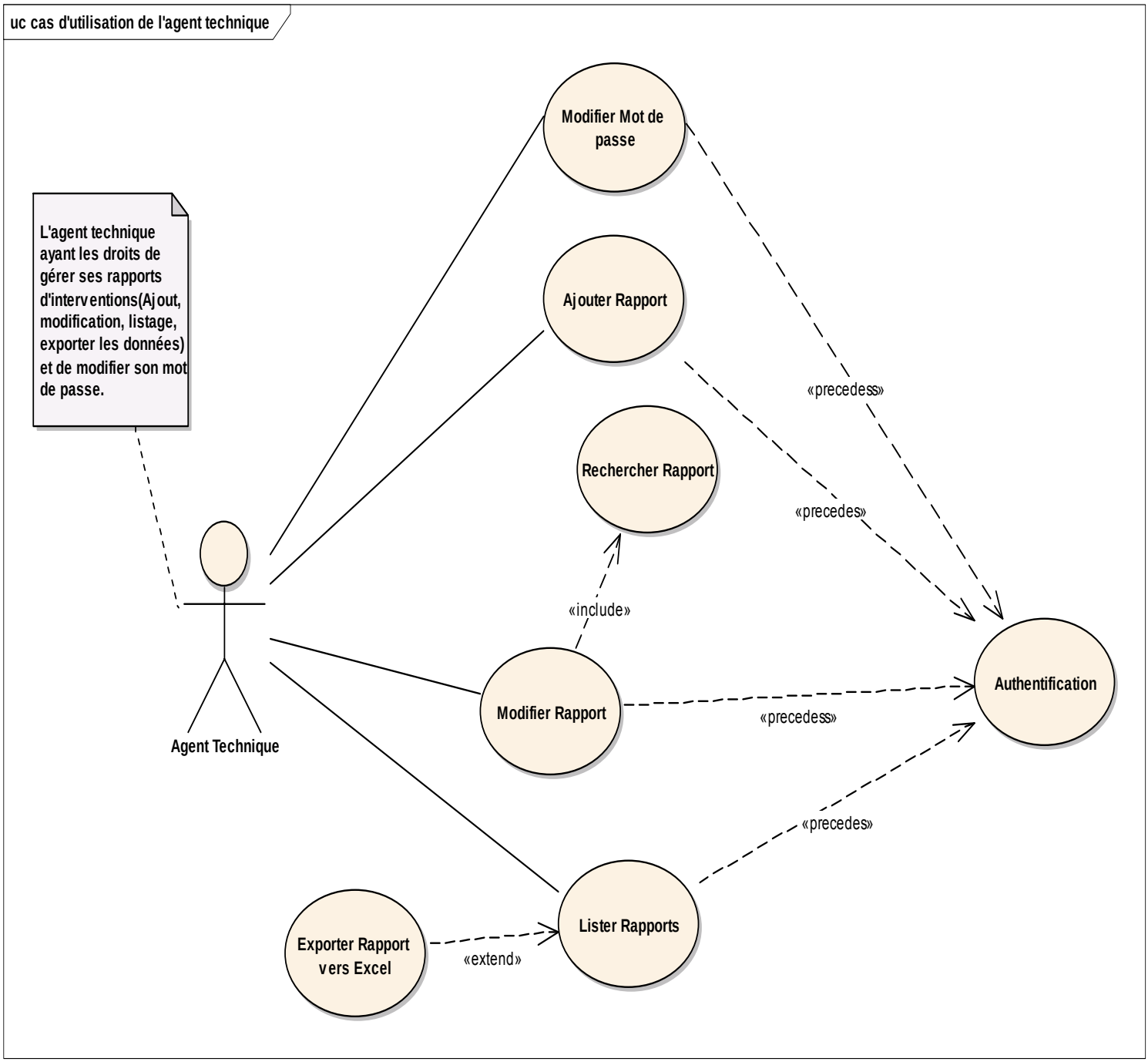


Figure 12 : Diagramme des cas d'utilisation de l'agent technique

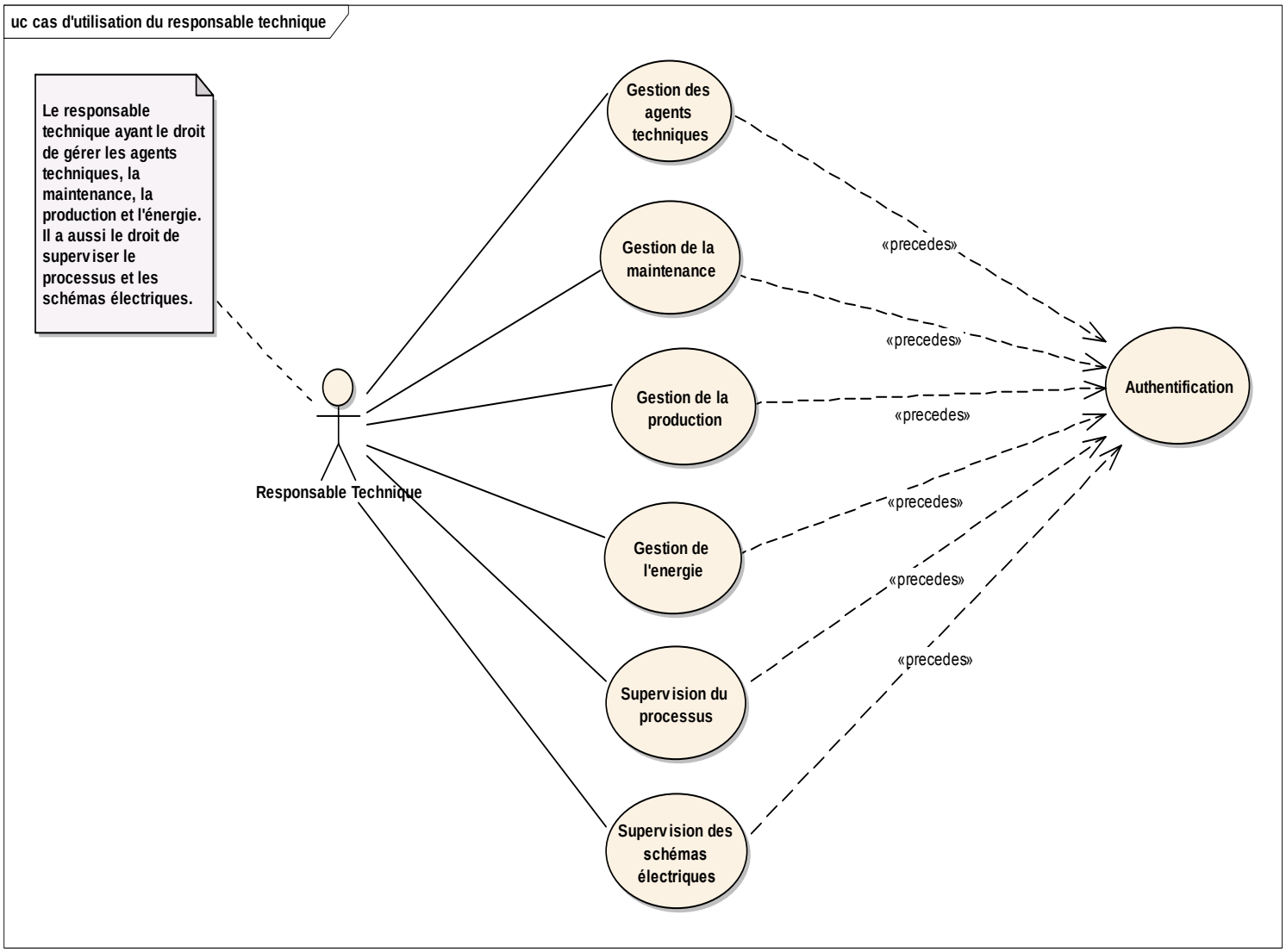


Figure 13 : Diagramme des cas d'utilisation du responsable technique.

2.3 Description des fonctionnalités

2.3.1 Architecture fonctionnelle

L'architecture fonctionnelle désigne la liste et la description précise de toutes les fonctions classées par cas d'utilisation sous forme de modules.

Nous présentons ci-dessous l'architecture fonctionnelle de notre projet sur sept modules :

- Gestion des agents techniques
- Gestion des rapports d'interventions
- Gestion de la maintenance

- Gestion de la production
- Gestion de l'énergie
- Supervision du processus
- Supervision des schémas électriques

La figure suivante montre l'architecture fonctionnelle de notre projet.

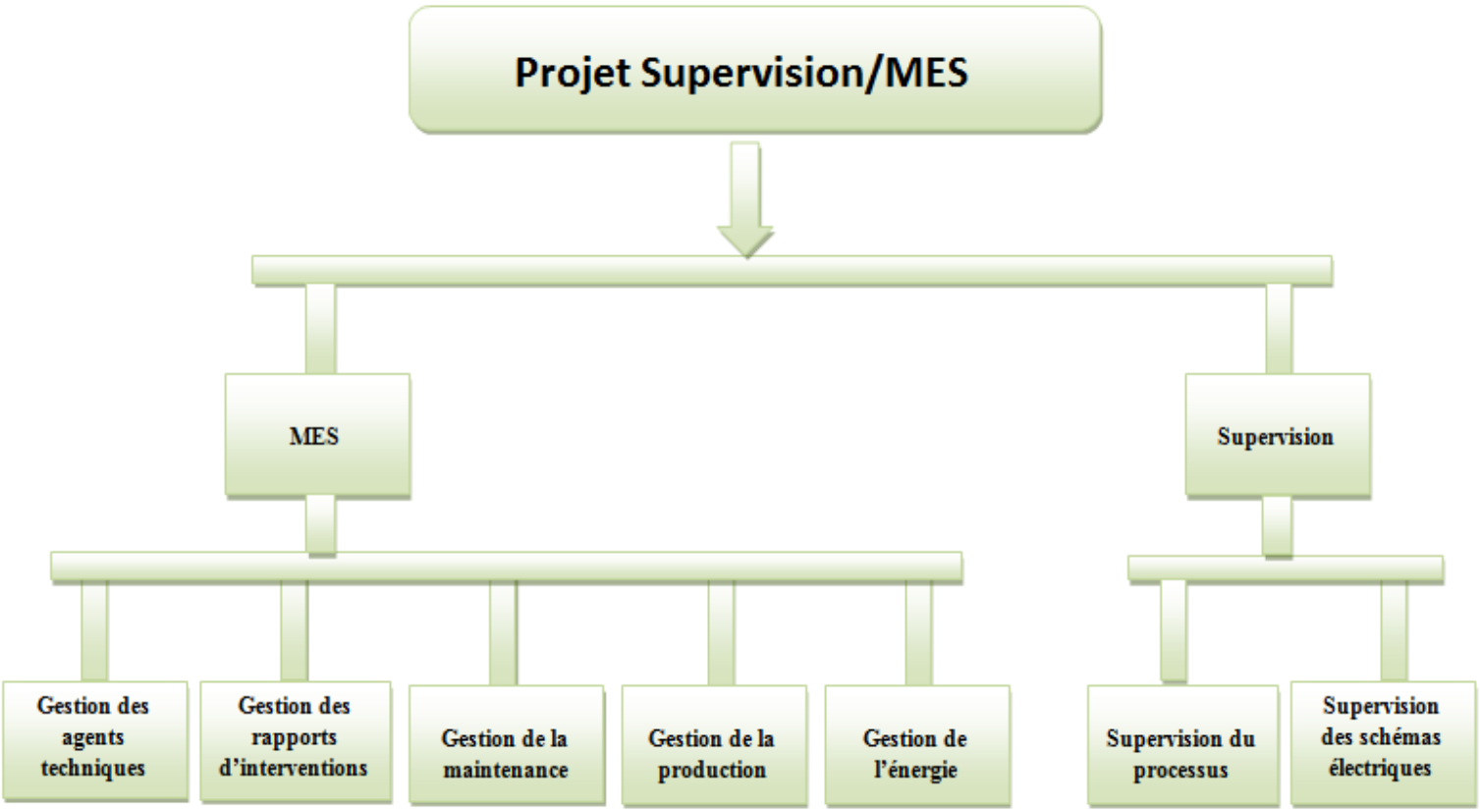


Figure 14 : Architecture fonctionnelle du système

2.3.2 Module de gestion des agents techniques

Ce module d'administration permet au responsable technique de gérer l'ensemble des agents techniques qui appartiennent à son atelier. Cette gestion comprend l'ajout, la consultation, la modification, la recherche, la suppression et la génération d'un fichier Excel qui contient toutes les informations des agents techniques enregistrés dans la base de données.

A travers ce module le responsable technique peut ajouter de nouveaux agents techniques en leur attribuant un login et un mot de passe pour qu'ils puissent accéder aux fonctionnalités que propose l'application.

L'agent technique a la possibilité de changer le mot de passe en accédant à l'application dédiée aux agents techniques. Il peut alors redéfinir un nouveau mot de passe sans avoir recours au responsable technique.

2.3.3 Module de gestion des rapports d'interventions

Ce module résume les principales fonctionnalités de l'application faite pour les agents techniques pour gérer leurs rapports d'interventions.

Après chaque intervention pour réparer une panne, l'agent technique doit se connecter à l'application pour ajouter son rapport d'intervention.

Chaque rapport d'intervention possède un identifiant, la date et la cause de la panne, les actions à suivre, les pièces remplacées, l'intervenant, la machine réparée et enfin la date d'intervention.

L'agent technique peut aussi modifier et consulter tous ses rapports d'interventions ainsi que les exporter dans un fichier Excel.

2.3.4 Module de gestion de la maintenance.

Pour gérer la maintenance, le responsable technique peut consulter tous les rapports envoyés par les agents techniques. Ainsi, il peut savoir qui a fait quoi et pendant combien de temps.

Ces rapports d'interventions lui permettent aussi de dégager un ensemble d'informations pertinentes concernant les causes de pannes, les pièces de rechange, les durées de pannes, les actions à suivre, etc.

Etant donné que parmi les rôles principales de ce projet est de permettre de faire un ensemble d'activités d'analyse pour prendre des décisions, il est donc pertinent d'élaborer un certain nombre de statistiques pouvant être utiles pour l'aide à la décision.

En effet, ce module offre au responsable technique un ensemble de statistiques faites sur les intervenants, les machines et la durée de panne.

Le décideur peut, à travers ces statistiques, remarquer par exemple, les machines qui tombent en panne souvent, les intervenants qui ont fait le maximum d'interventions et le type de panne qui apparait le plus.

2.3.5 Module de gestion de l'énergie

Une amélioration significative des dépenses énergétiques passe obligatoirement par une meilleure connaissance et maîtrise de son profil de consommation.

Ce module permet au responsable technique de gérer l'énergie électrique en consultant la fiche de consommation journalière de chaque machine ainsi que la consommation mensuelle. En effet les compteurs donnent en temps réel les données nécessaires pour analyser la consommation d'énergie ainsi les coûts de celle-ci.

Ce module permet à travers les bilans énergétiques périodiques (journaliers, mensuels) d'identifier rapidement les postes de consommations les plus captifs.

Il permet aussi de fournir des données fiables pour établir rapidement le retour sur investissement en quantifiant les gains énergétiques obtenus. Ces données précises sont une aide précieuse pour toute décision d'investissement (nouvelle machine, cogénération..).

2.3.6 Module de gestion de la production

Ce module permet de gérer la production au sein de l'atelier de réception et prétraitement du lait, en effet, il y a deux types de produits : le lait brut et le lait prétraité.

Chaque jour, le responsable technique doit ajouter les informations du lait brut qui arrive à l'usine en précisant la date et l'heure de la réception ainsi que le volume et l'origine de chaque type du lait.

Après l'opération du prétraitement, Le responsable doit aussi ajouter quotidiennement les informations de lait prétraité par la saisie de la date et l'heure ainsi que le volume et la destination de chaque type du lait.

Les quantités obtenues du lait prétraité servent à alimenter les autres ateliers de l'usine.

Cette gestion comprend aussi la mise à jour, la suppression, la consultation ainsi que la génération d'un fichier Excel contenant toutes les informations des produits.

2.3.7 Module de supervision du processus

Ce premier module de la partie supervision constitue un élément essentiel pour notre solution. Il permet d'avoir une visibilité claire sur le processus à superviser, d'analyser et d'interagir en direct, afin d'optimiser le niveau du service.

La supervision du processus de l'atelier de réception et prétraitement de lait se fait via la mise en œuvre de synoptiques animés et visuels permettant une meilleur lisibilité et analyse des informations.

Cette fonction synoptique permet de maîtriser en temps réel le procédé de l'atelier en question, en effet, le responsable technique peut visualiser l'arrivée du lait de régions différentes à l'usine, puis le remplissage des cuves par ce lait brut, ensuite le prétraitement, et enfin le remplissage des cuves d'alimentations des autres ateliers par le lait prétraité.

2.3.8 Module de supervision des schémas électriques

Ce deuxième module de la partie supervision a pour but de superviser les schémas électriques de l'atelier en question, grâce à l'affichage instantanée de l'ensemble des paramètres (valeurs instantanées, courant, puissance, index des compteurs….), l'affichage des alarmes en cas d'un dysfonctionnement, et l'enregistrement des valeurs de la consommation d'énergie de chaque machine pour les exploiter dans le module de la gestion d'énergie.

Ce module permet aussi de visualiser les courbes de tendances de chacun de ces paramètres du réseau électrique analyser la variation de ces paramètres et par suite faire le suivi régulier de l'état des équipements.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par définir l'outil et l'environnement de modélisation utilisés dans notre projet à savoir UML et Entreprise Architect. Nous avons ensuite identifier tous les acteurs du système ainsi que les diagrammes des cas d'utilisation de chaque acteur et enfin nous avons présenté l'architecture fonctionnelle du projet sous forme de modules.

Le chapitre suivant présente la conception détaillée du projet.

Chapitre 3: Analyse et conception

Dans ce chapitre nous allons présenter tous les diagrammes élaborés pour l'analyse et la conception de notre projet.

Nous commençons par présenter les diagrammes du modèle dynamique pour terminer avec la présentation des diagrammes du modèle statique.

3.1 Modèle dynamique

Le modèle dynamique représente les différents états, évolutions, transitions du système au cours de son cycle de vie, il contient :

- Diagramme de séquences
- Diagramme d'états-transitions

3.1.1 Diagramme de séquences

Les diagrammes de séquences servent à illustrer les cas d'utilisation. Ils ont pour objectif de mieux représenter les interactions entre les objets de notre projet selon un point de vue temporel.

Nous présentons ci-dessous quelques diagrammes de séquences décrivant quelques scénarios d'utilisation.

- <u>Authentification :</u>

Le scénario de l'authentification est commun à tous les utilisateurs du système. En effet chaque utilisateur enregistré dans la base de données doit d'abord s'authentifier auprès du système pour accéder aux fonctionnalités correspondantes à son rôle.

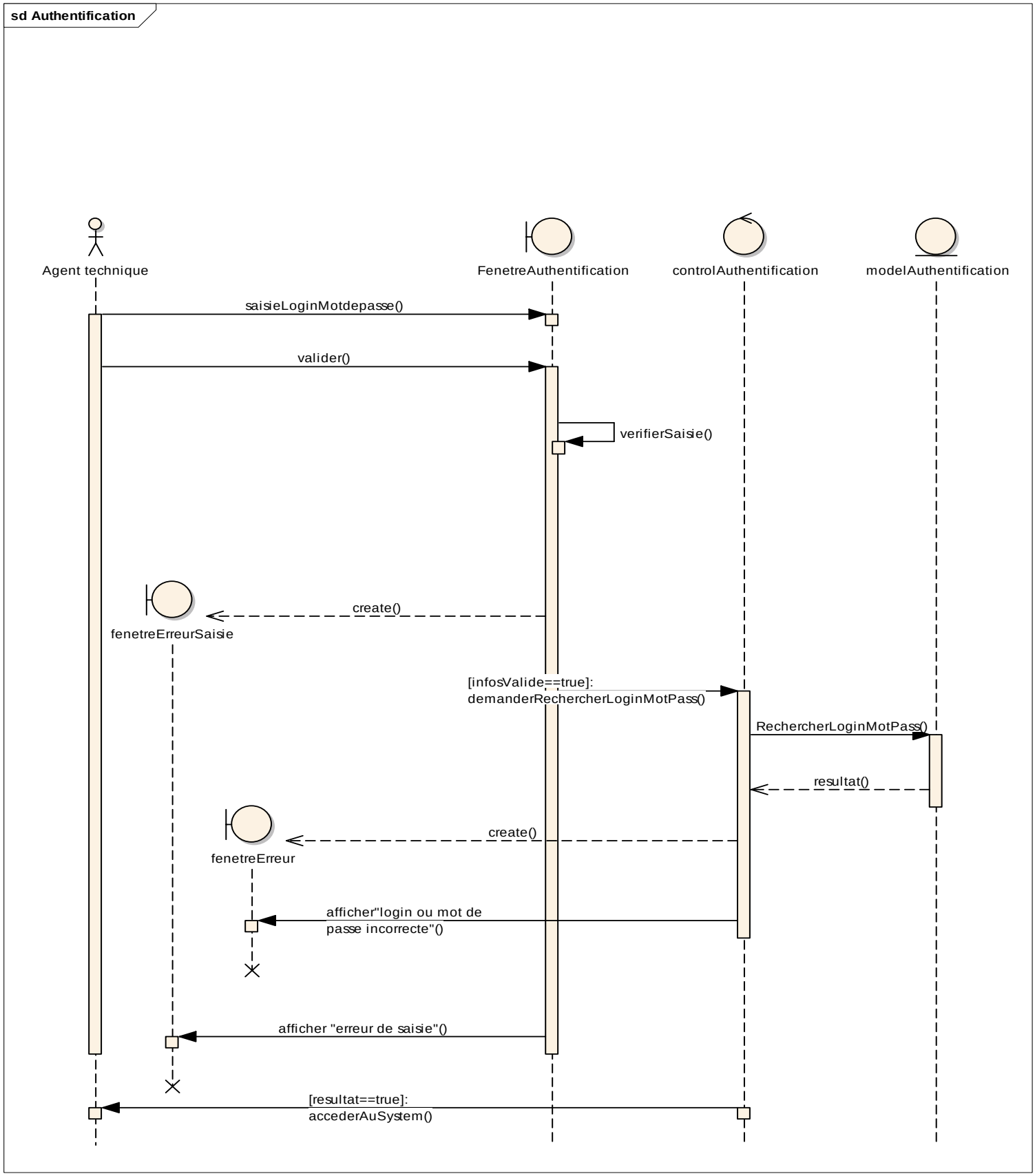


Figure 15 : Diagramme de séquence d'authentification au système

- Ajouter nouveau rapport:

Suite à une intervention, l'agent technique est amené à ajouter le rapport de son intervention. Le diagramme de séquence suivant décrit le processus de cette fonction.

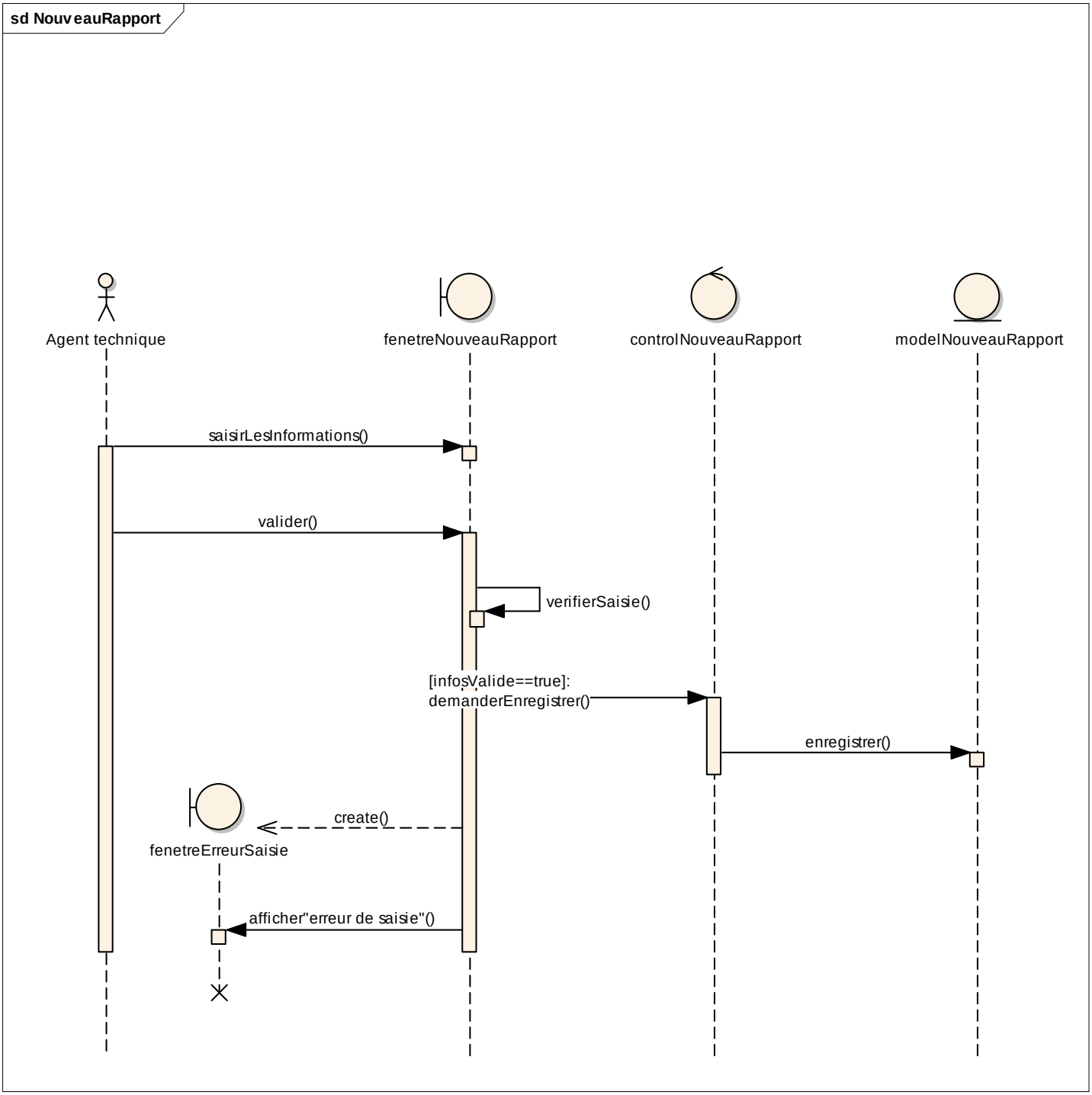


Figure 16 : Diagramme de séquence "Ajouter rapport"

➢ Modifier Produit:

Parmi les fonctionnalités du module de la gestion de la production, le responsable peut modifier un produit. Le diagramme de séquence ci-dessous décrit les étapes de cette modification.

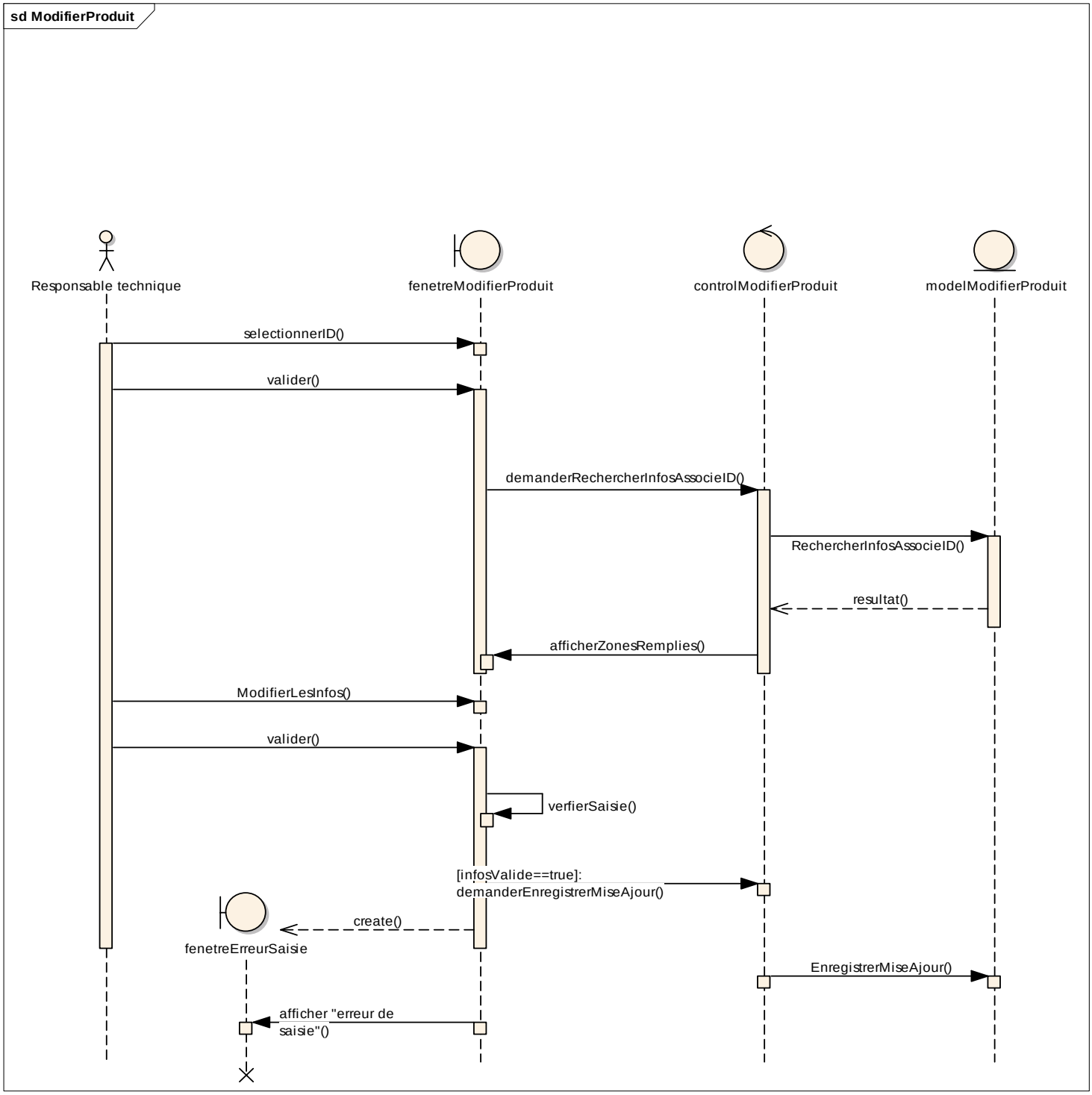


Figure 17 : Diagramme de séquence "Modifier Produit"

3.1.2 Diagramme d'états-transitions

Le diagramme d'états-transition est un automate à états finis qui représente les changements successifs des états d'un objet d'une classe en fonction des événements externes. Il est important pour représenter les interactions homme-machine.

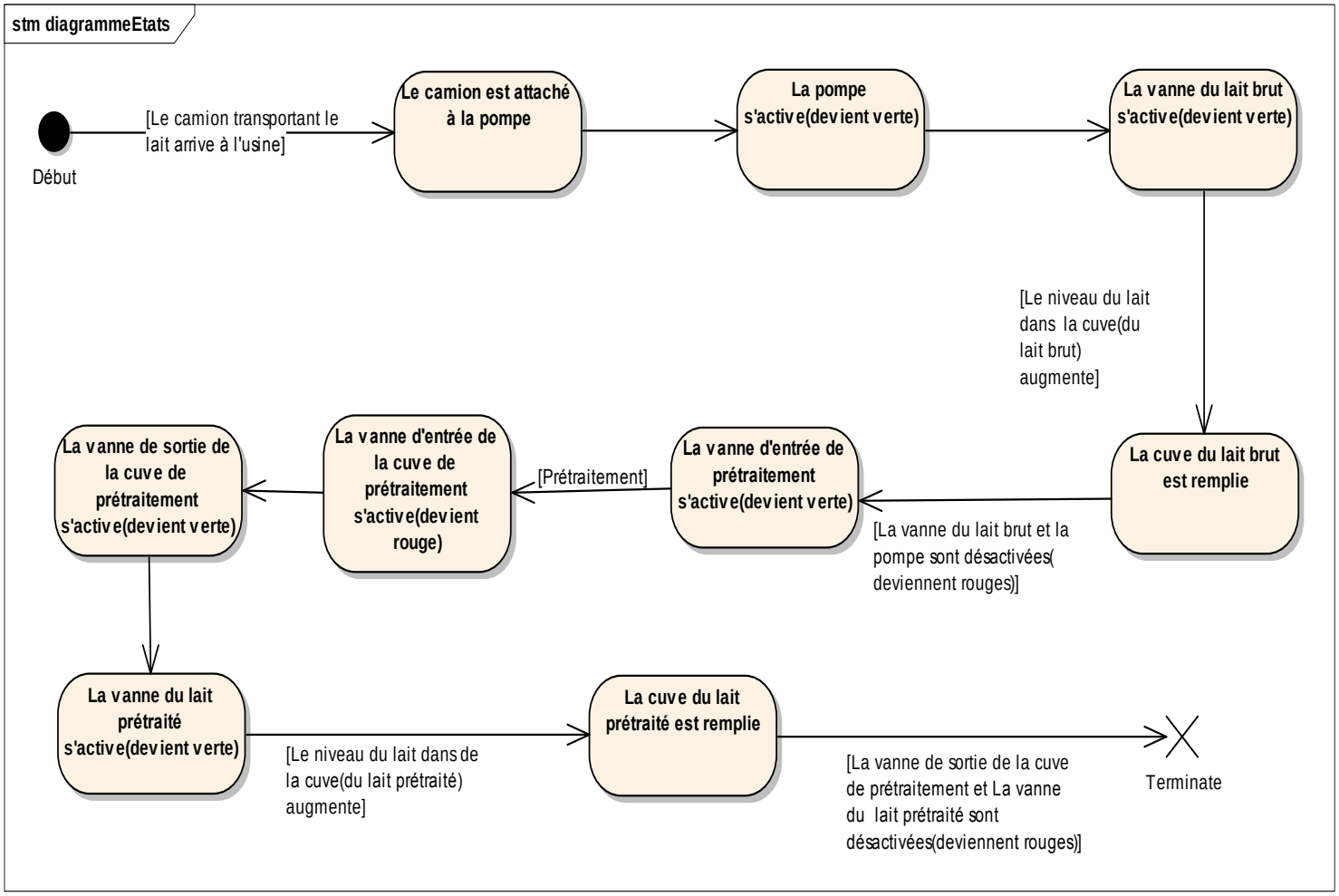


Figure 18 : Diagramme d'états du processus de l'atelier

4.1 Modèle statique

Le modèle statistique représente la structure statistique du système, il contient :

- Le diagramme de classes
- Le diagramme de composants
- Le diagramme de déploiement

4.1.1 Diagramme de classes

Le diagramme de classes est le point central dans le développement orienté objet. Il donne une vue d'ensemble statique du système en présentant toutes les classes définies dans le système, leurs coopérations et leurs interactions.

Les classes constituent la base pour la génération de code et pour la génération des schémas de bases de données.

La figure ci-dessous présente le diagramme de classe de notre projet. Il est composé de :

- La classe Authentification : avec ses deux attributs login et mot de passe permet aux utilisateurs de se connecter au système.
- La classe GestionAgentTechnique : permet de gérer les agents techniques.
- La classe Rapport permet de gérer les rapports.
- La classe Produit permet de gérer les produits. De cette classe, héritent les deux classes filles à savoir ProduitBrut et produitPraitraité.
- La classe Energie permet de gérer l'énergie. De cette classe, héritent les deux classes filles EnergieJournalier et EnergieMensuelle.
- La classe SupervisionProcess contient toutes les méthodes pour gérer le processus de l'atelier et elle est liée à la classe Produit.
- La classe supervisionSchemasElectriques contient toutes les méthodes pour gérer le réseau électrique et elle est liée à la classe Energie.

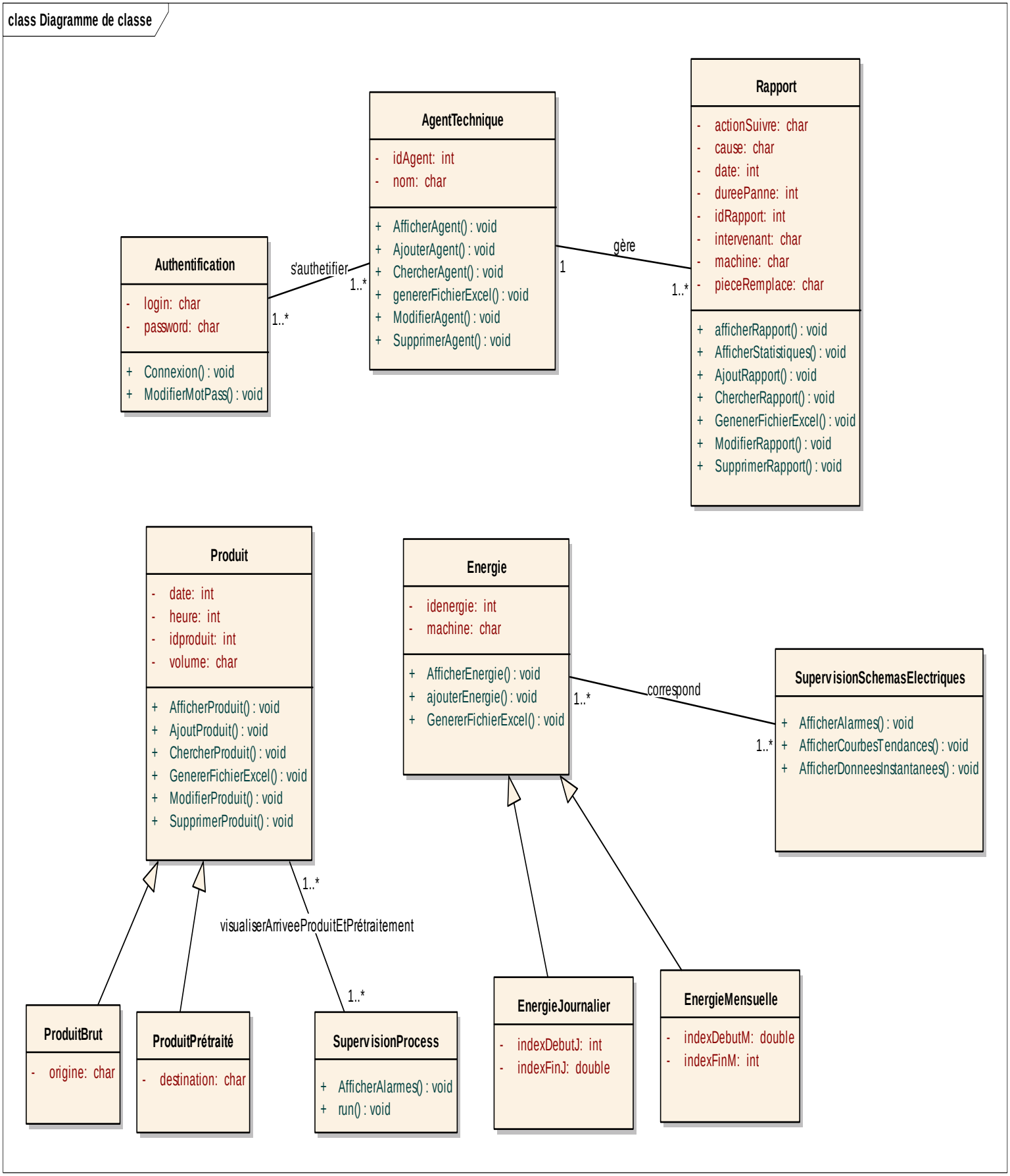


Figure 19 : Diagramme des classes

4.1.1 Diagramme de composants

Le diagramme de composants permet de décrire l'architecture physique et statique d'une application en termes de modules : fichiers sources, librairies, exécutables, etc.

Il montre la mise en œuvre physique des modèles de la vue logique avec l'environnement de développement.

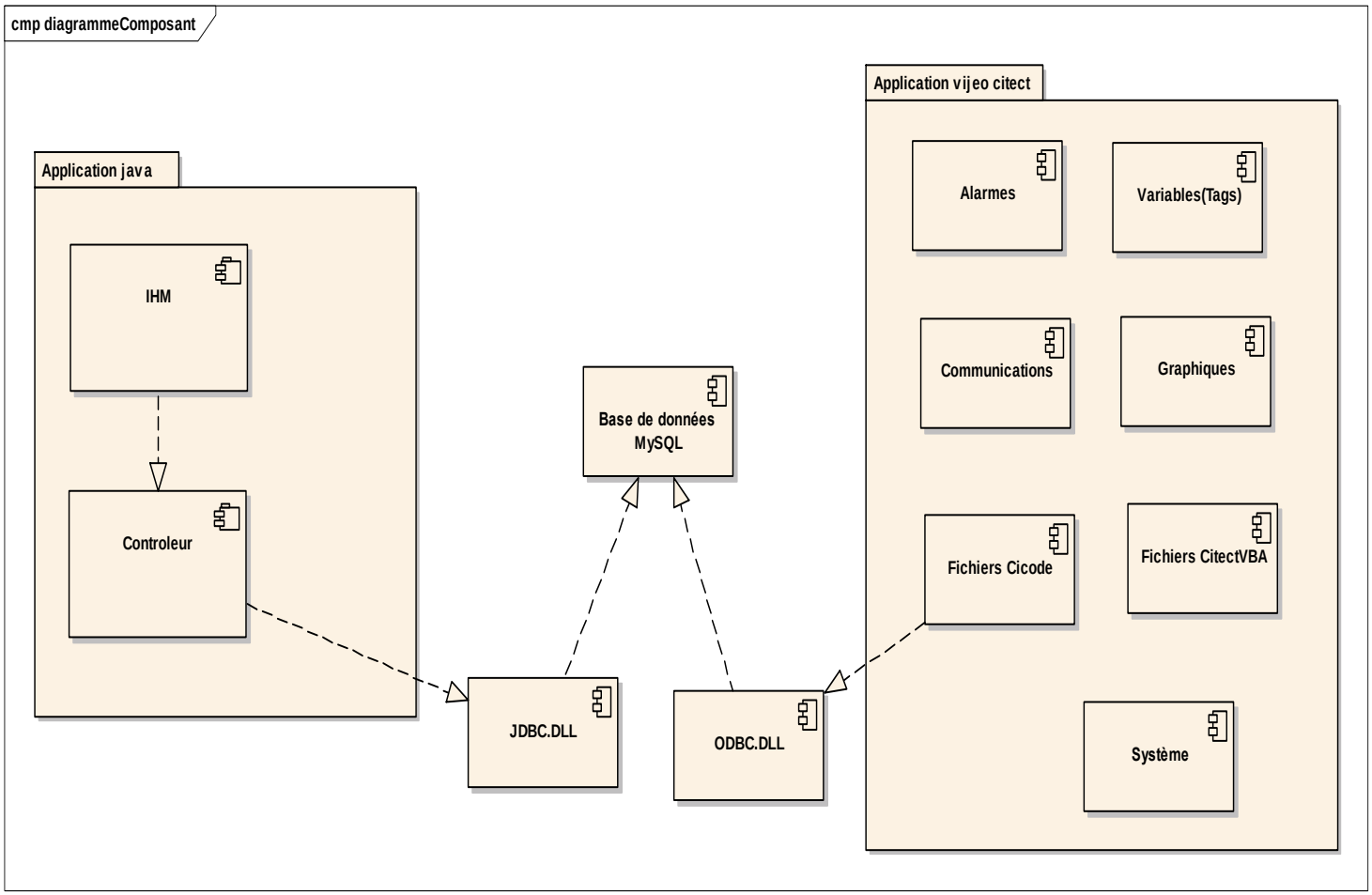


Figure 20 : Diagramme de composants

Le diagramme de composants de notre système est constitué des éléments suivants :

- Le package application java contient tous les éléments qui constituent l'application java de notre solution qui sont :
  - Package IHM : contient toutes les fenêtres de l'application.
  - Package Contrôleur : ensemble de classes java qui représente la couche métier de l'application.

- JDBC.DLL : API pour se connecter à la base de données MySQL via un programme java.
- Le package application Vijeo Citect contient tous les composants qui constituent l'application Vijeo Citect qui sont:
  - Les alarmes : ce package contient toutes les alarmes définies dans le projet. Les alarmes permettent d'identifier des conditions dans un système nécessitant une intervention. [12]
  - Les variables(Tags) : ce package contient tous les tags définis dans le projet. Ces derniers permettent d'identifier les points de l'infrastructure à surveiller ou à contrôler avec Vijeo Citect.
  - Les communications : ce package contient tous les éléments de communication d'un projet. Ces derniers correspondent à la représentation configurée du matériel de communication du système.
  - Graphiques : ce package contient les éléments graphiques d'un projet.
  - Système : ce package contient les éléments système d'un projet permettant de personnaliser, de gérer et de suivre notre système de supervision.
  - Cicode/CitectVBA : ce package contient les fichiers écrits en Cicode et CitectVBA pour contrôler et de manipuler les composants Citect Vijeo.
- ODBC.DLL : API pour se connecter à la base de données MySQL via un programme Cicode.

4.1.2 Diagramme de déploiement

Un diagramme de déploiement décrit la disposition physique des ressources matérielles qui composent le système et montre la répartition des composants logiciels sur ces matériels

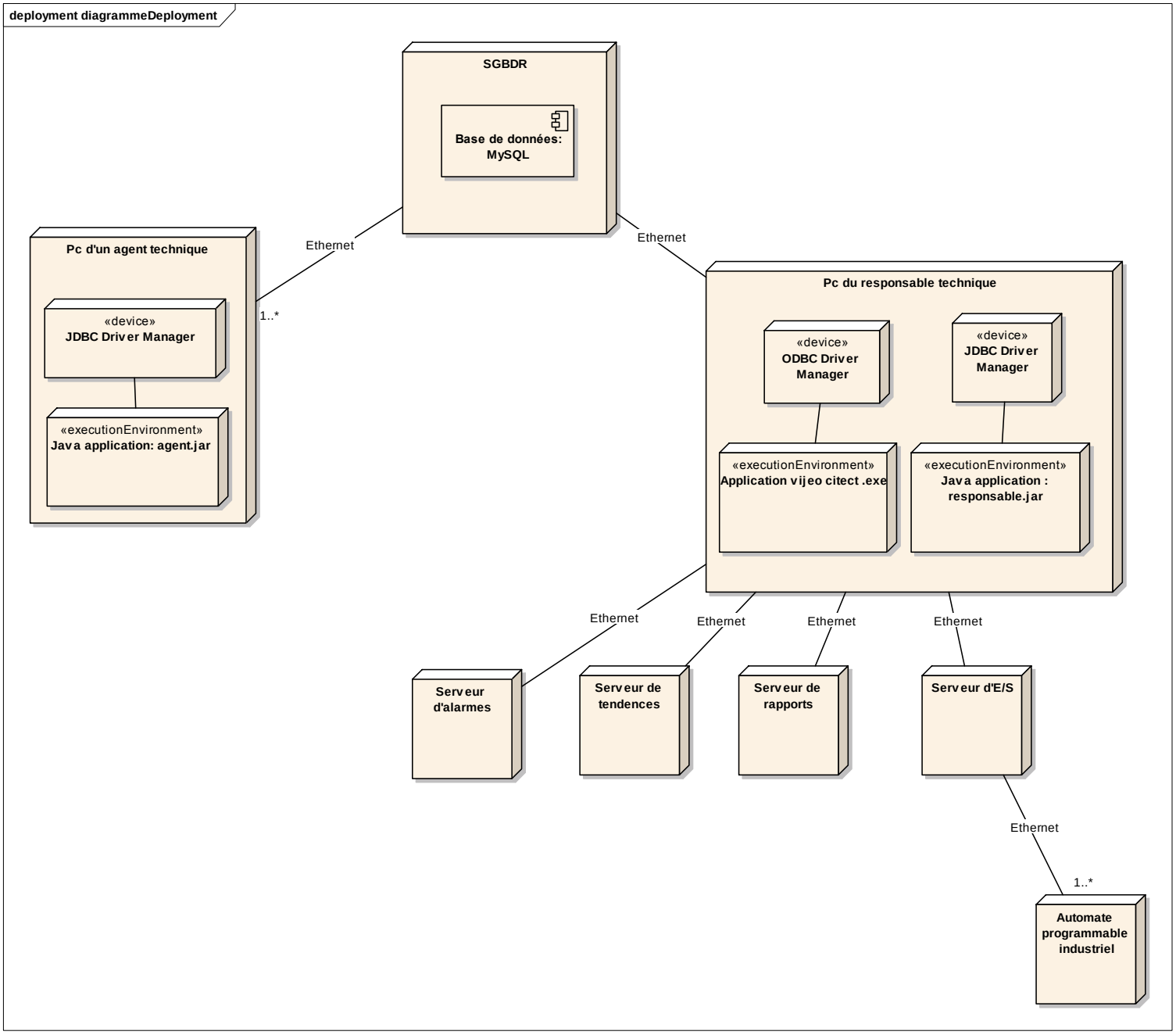


Figure 21 : diagramme de déploiement

Notre diagramme de déploiement est composé de :

- Un serveur de base de données MySQL qui contient notre base de données.
- Un ensemble de PC des agents techniques.
- Un PC du responsable technique.
- Un serveur d'alarmes : serveur surveillant les alarmes et les affichant sur le ou les clients appropriés.

- Un serveur de tendances : serveur contrôlant l'accumulation et l'enregistrement d'informations de tendances.
- Un serveur de rapports : Serveurs contrôlant le traitement des rapports
- Un serveur d'E/S: serveur de communication spécialisé échangeant des données entre les périphériques d'E/S et les clients.
- D'un ensemble d'automates programmables industriels.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue conceptuelle de la solution à mettre en place. Ainsi, nous avons présenté les différents diagrammes UML pour mieux comprendre les fonctionnalités offertes et mieux représenter la communication entre les différents objets du projet.

Le chapitre suivant présente la phase de réalisation et mise en œuvre du projet.

Chapitre 4: Réalisation et mise en œuvre

Le chapitre en cours présente la référence technique à notre projet.

Elle décrit en premier temps l'environnement du développement ainsi que les différents outils utilisés pour s'achever avec la présentation des différentes tâches effectuées.

4.1 Environnement de développement

4.1.1 Java

Java est un langage de programmation évolué et orienté objet dont la syntaxe est proche du C.

Java possède un certain nombre de caractéristiques qui ont largement contribué à son énorme succès [13] :

- Interprété : le code source est compilé en pseudo code ou byte code puis exécuté par un interpréteur Java.
- Portable : il est indépendant de toute plate-forme.
- Fortement typé.
- Assure la gestion de la mémoire.
- Sûr (sécurité).
- Multitâche.

Les programmes Java peuvent être exécutés sous forme d'applications indépendantes ou distribuées à travers le réseau et exécutées par un navigateur internet sous forme d'applets

Java est fournit avec un environnement de développement complet nommé JDK (Java Development Kit) qui contient :

- Le compilateur java : javac.exe
- L'interpréteur java : java.exe
- Un environnement de développement (outils, utilitaires pour la programmation, la documentation, etc.)
- L'API (Application Programming Interface ou interface de programmation) : package de classes ayant des liens logiques et qu'on peut utiliser dans d'autres classes.

4.1.2 API JFreeChart

JFreeChart est une API Java permettant de créer des graphiques et diagrammes de très bonne qualité. Cette API est open source et sous licence LGPL. Par contre la documentation pour développeur est payante. [14]

La documentation payante est très complète et s'étend sur plus de 800 pages. Elle contient une description complète des classes disponibles, un exemple de code de chacun des graphiques

disponibles ainsi que des explications sur l'installation et l'intégration de JFreeChart sur les différents IDE.

JFreeChart fonctionne également avec GNU Classpath, une implémentation libre de la librairie en java.

Exemple de graphiques disponibles sous JFreeChart :

- Graphiques
- Diagrammes de Gantt
- Histogrammes
- Thermomètres, compas, compteur de vitesse, etc.…

4.1.1 API POI

POI (Poor Obfuscation Implementation) est un projet open source du groupe Apache, sous licence Apache V2, dont le but de permettre la manipulation de fichiers de la suite bureautique Office de Microsoft, dans des applications Java mais sans utiliser Office. L'implémentation de l'api POI est intégralement réalisée en pur Java. [15]

Cette API contient plusieurs composants, parmi eux :

- *HSSF (Horrible SpreadSheet Format)* : manipulation des fichiers Excel (XLS) en lecture et écriture.
- *HWPF (Horrible Word Processor Format*) : manipulation de fichiers Word en lecture et certaines fonctionnalités en écriture.
- *HSLF (Horrible Slide Layout Format)* : manipulation de fichiers PowerPoint en lecture et écriture pour certains fonctionnalités mais pas toutes.

L'API POI est particulièrement intéressante car il permet la manipulation de documents au format Office sans que celui-ci soit installé et cela, même sur des systèmes d'exploitation non Microsoft Windows.

Dans notre projet, nous avons utilisé le composant HSSF pour générer des documents Excel.

4.1.1 API JDBC

JDBC (Java DataBase Connectivity) [16] est une API Java standard adaptée à la connexion avec les bases de données relationnelles SGBDR à partir d'un programme Java au travers du langage SQL.

Elle fournit un ensemble de classes et d'interfaces qui définissent un protocole de communication entre le programme java client et le serveur de base de données pour :

- Ouverture/fermeture de connexions à une base de données.
- Exécution des requêtes SQL.
- Exploitation des résultats (correspondance types SQL - types JAVA).
- Accès au méta-modèle (description des objets du SGBDR).

L'API JDBC est indépendante des SGBDR ; un changement de SGBDR ne doit pas impacter le code applicatif.

4.1.2 Cicode

Cicode [17] est un langage de programmation conçu spécialement pour les applications de supervision et de surveillance d'installations. C'est un langage structurel similaire aux langages « C » et « Pascal ».

Il est écrit pour les environnements de supervision qui doit être compilé et offre un fonctionnement multitâche.

Le langage Cicode permet d'accéder et de contrôler tous les éléments du système de supervision : données en temps réel, données historiques, les alarmes, les rapports, les courbes de tendances, etc.

Il est possible d'utiliser Cicode pour s'interfacer à diverses ressources sur l'ordinateur, tels que le système d'exploitation et les ports de communication.

4.1.3 SQL

SQL [18] signifie ‘‘ Structured Query Language’’ c'est-à-dire ‘‘ Langage d'interrogation structuré. En effet SQL est un langage complet de gestion de bases de données (SGBD) relationnelles(SGBDR).

C'est à la fois :

- Un langage d'interrogation de la base (ordre SELECT)
- Un langage de manipulation de données (LMD ; ordres UPDATE, INSERT, DELETE)
- Un langage de définition des données (LDD ; ordres CREATE, ALTER, DROP)
- Un langage de contrôle de l'accès de données (LCD ; ordres GRANT, REVOKE).

Le langage SQL est utilisé par des principaux SGBDR (MySQL, ORACLE, Sybase,..), Chacun de ces SGBDR a cependant sa propre variante du langage.

4.2 Outils de développement

4.2.1 MySQL Workbench

MySQL-Workbench (ex-DB Designer) [19] est un logiciel développé par Sun Microsystem :

C'est un outil open-source(GPL) disponible sur Windows, Linux,… graphique, ne nécessite pas de serveur Apache.

Permet la création des tables, la génération du SQL l'ajout et la suppression dans notre base.

Offre des outils d'analyse des bases (comparaison entre deux bases) et une interface d'administration (visualisation du nombre de connections, du trafic, …)

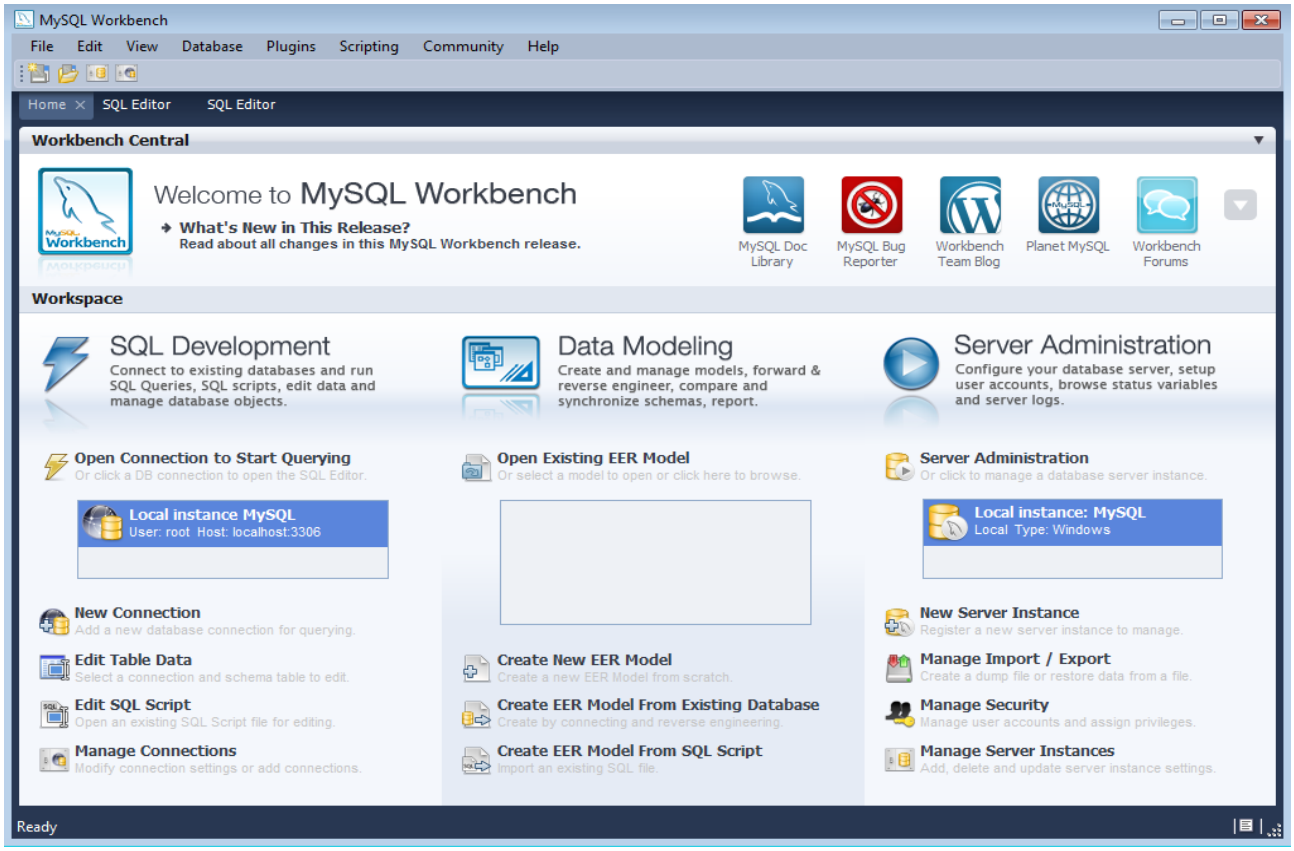


Figure 22 : Interface de MySQL Workbench

4.2.2 NetBeans

Netbeans est un environnement de développement intégré (IDE) open source. Il est développé par Sun et se trouve sous licence CDDL (Common Development and Distribution License). En plus de Java, Netbeans permet également de développer avec d'autres langages tels que : Python, C, C++, Ruby, XML, PHP et HTML.

Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (coloration syntaxique, projets multi-langage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages web, etc).

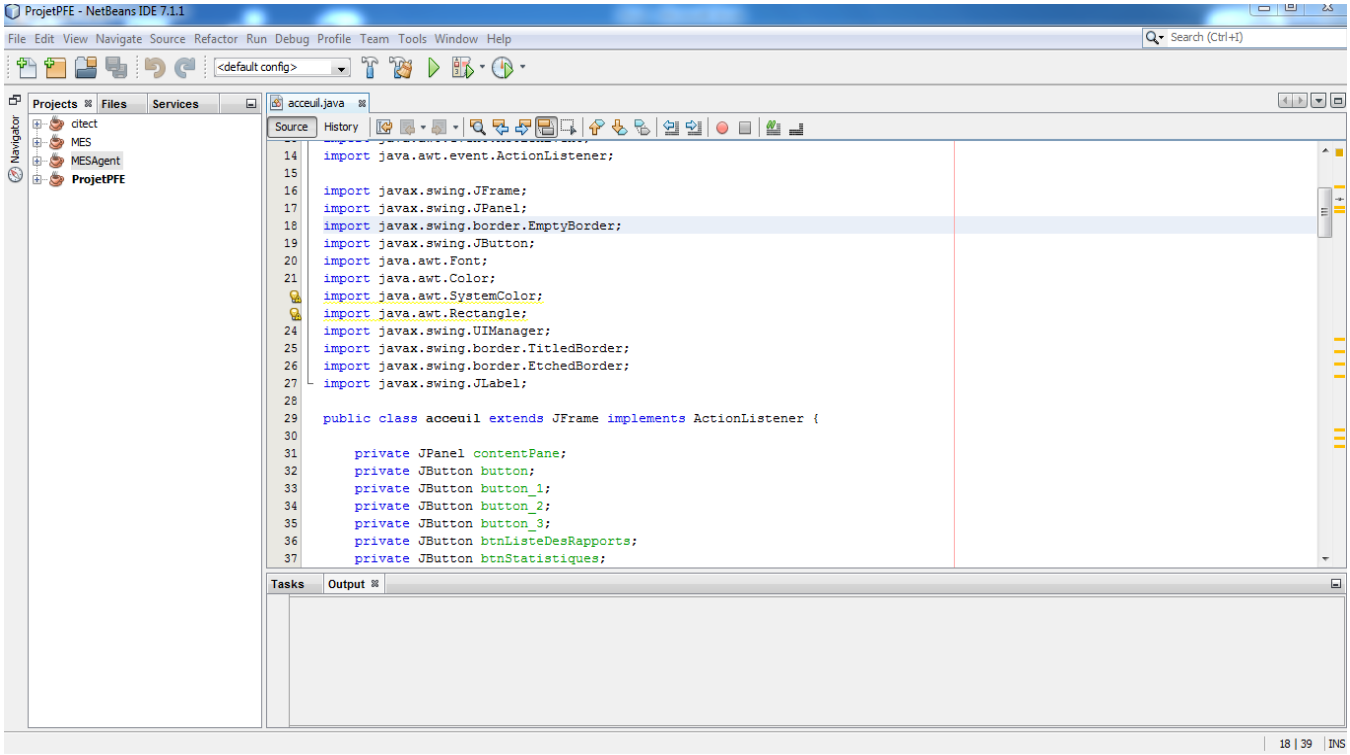


Figure 23 : Interface de Netbeans

4.2.3 Vijeo Citect

Vijeo Citect, aussi connu sous son ancien nom Vijeo SCADA, est un système d'acquisition et de contrôle des données, développé par la compagnie Schneider Electric. Il facilite la création de logiciels permettant de gérer et de surveiller des processus et des systèmes industriels…En faite, on peut s'en servir partout où il y a un PC et des données à surveiller.

Vijeo Citect est gratuit et sans restriction pour le développement d'interface. Il n'est pas obligatoire d'avoir une licence pour l'utiliser. Par contre, la simulation des interfaces est limitée à une durée courte. Donc pour implanter une interface sur un PC et la faire tourner sans interruption, il faudra une licence. Cette licence prend la forme d'une clé USB, qui est en faite un dongle contenant les autorisations pour faire tourner Citect en mode Runtime.

Vijeo Citect est composé de trois éléments :

- Explorateur Vijeo Citect

L'explorateur Vijeo Citect permet de créer et gérer les projets. Il affiche une liste de tous les projets et offre un accès direct à tous ses éléments.

Il est aussi utilisé pour renommer, sauvegarder, restaurer ou supprimer un projet.

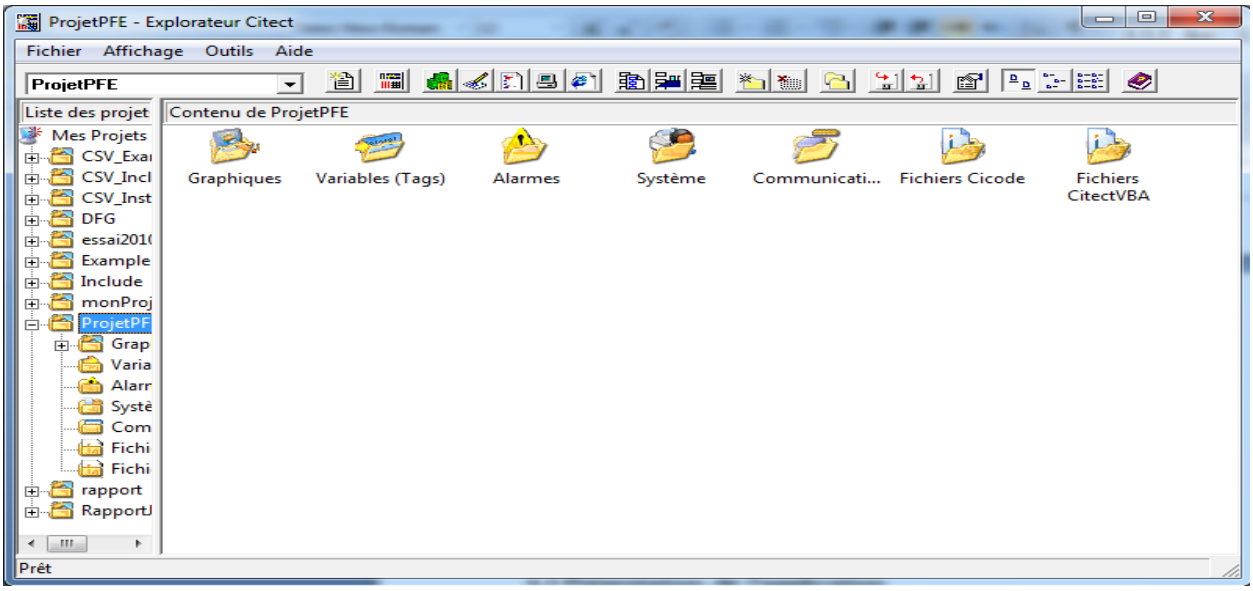


Figure 24 : Explorateur Vijeo Citect

- Editeur de projets Vijeo Citect

L'éditeur de projet Vijeo Citect permet de créer et gérer les données de configuration du projet : tags, alarmes, éléments de système, éléments de communication, etc.

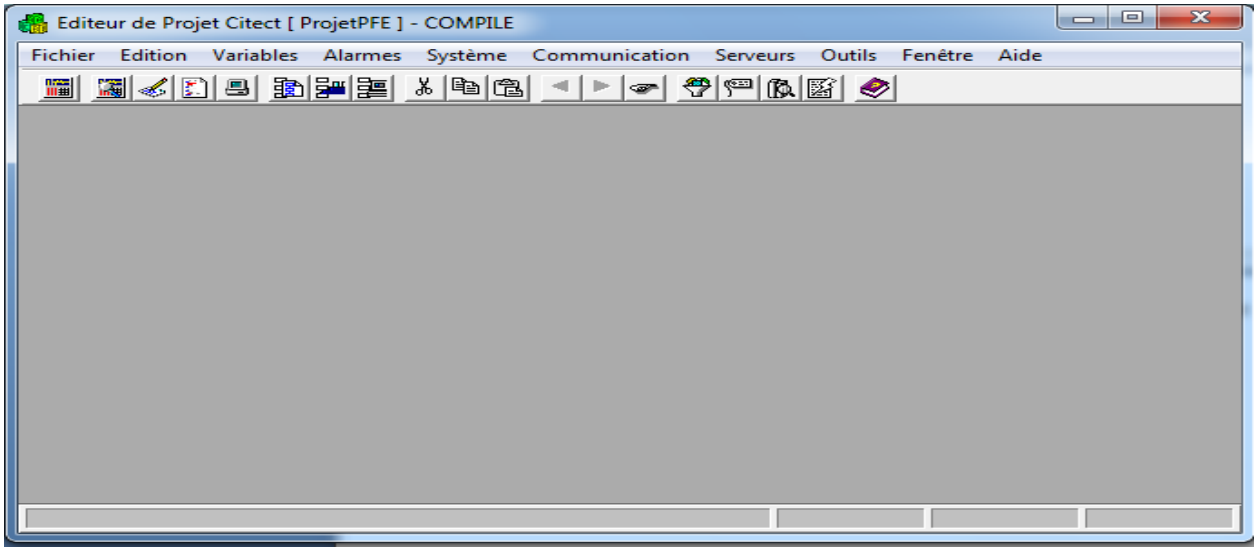


Figure 25 : Editeur de projets Vijeo Citect

- Editeur graphique Vijeo Citect

L'éditeur graphique Vijeo Citect permet de dessiner, créer et modifier les éléments graphiques d'un projet : modèles, objets graphiques, symboles, Génies, Super Génies, etc.

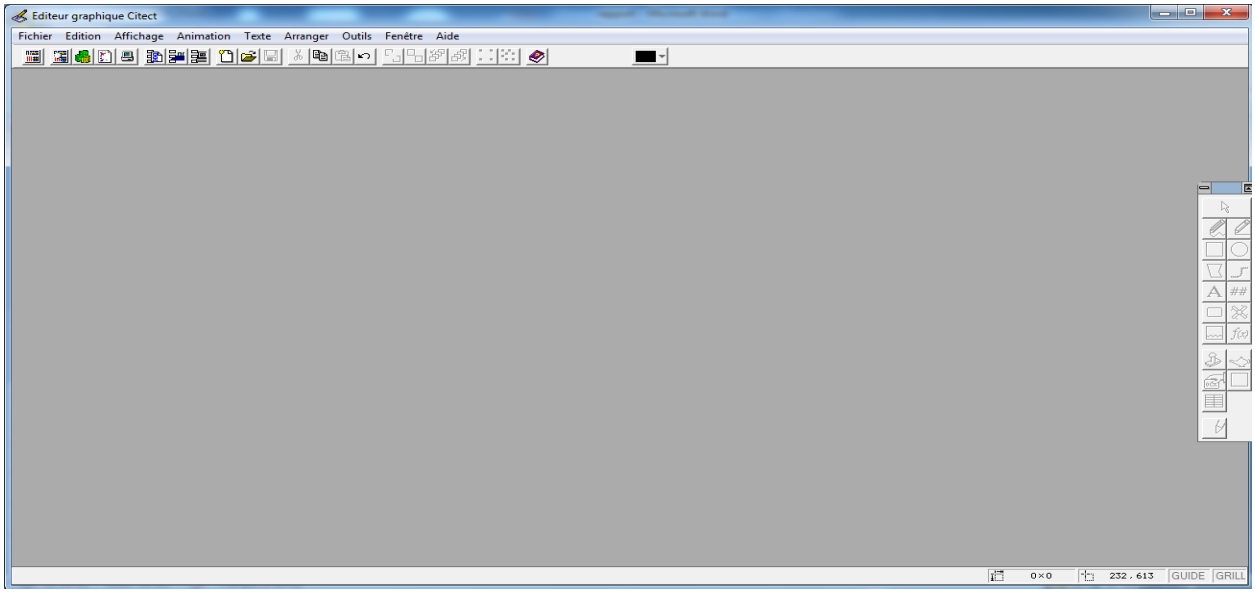


Figure 26 : éditeur graphique Vijeo Citect

4.3 Présentation de l'application

4.3.1 Application des agents techniques

Cette partie de la solution est réservée aux agents techniques à fin de gérer leurs rapports d'interventions.

Chaque agent technique doit s'authentifier auprès de l'application via son login et son mot de passe pour accéder à ses différentes fonctionnalités.

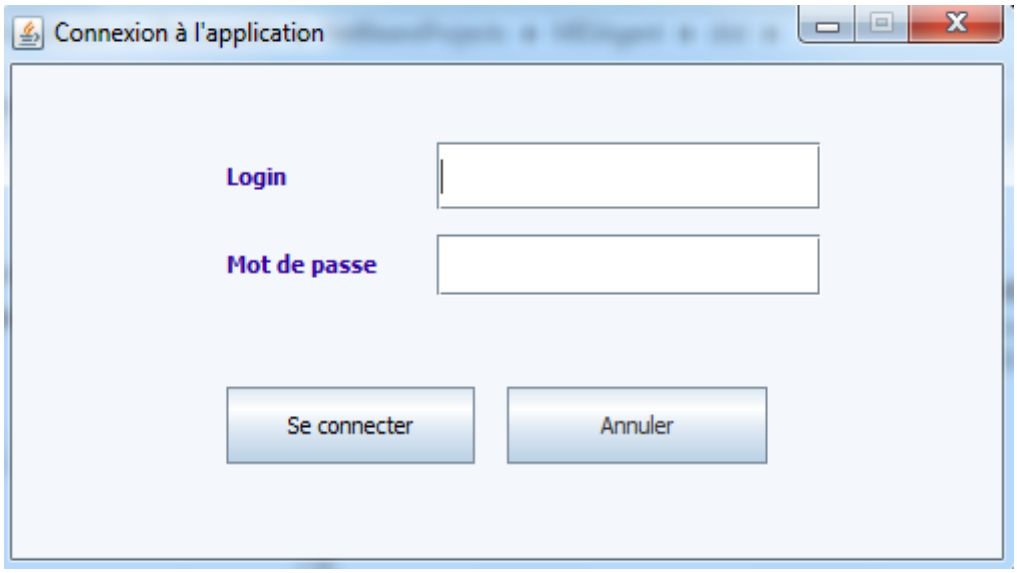


Figure 27 : fenêtre authentification des agents techniques

L'authentification dirige l'agent technique vers une page d'accueil ; le cas contraire un message d'erreur est affiché :

Figure 28 : Message d'échec de l'authentification

La page d'accueil a pour but d'éveiller la curiosité de l'utilisateur à découvrir l'ensemble des fonctionnalités offertes. Ainsi, il a le choix d'ajouter un nouveau rapport d'intervention, mettre à jours ses rapports, les consulter, modifier son mot de passe et enfin quitter l'application.

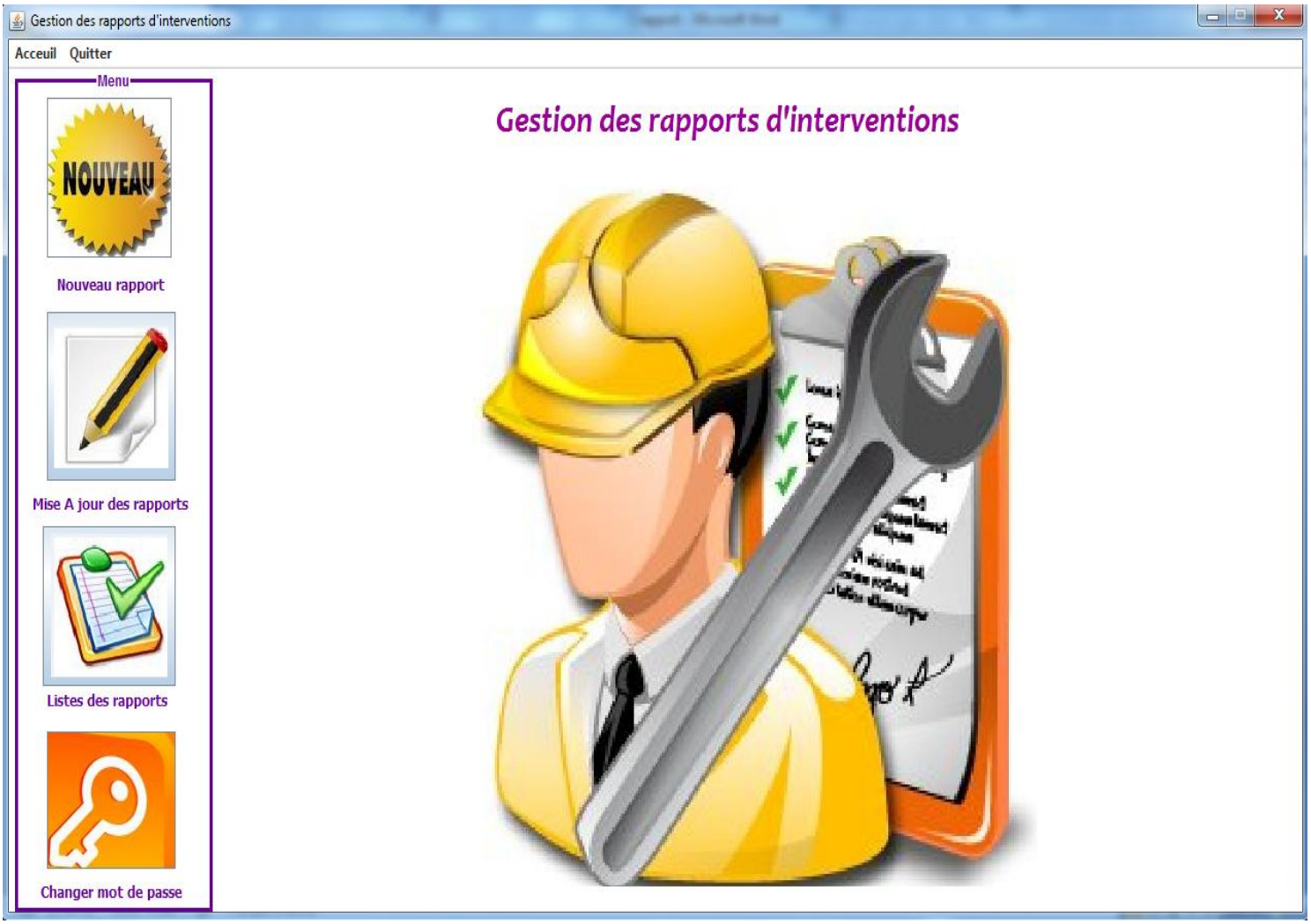


Figure 29 : Interface d'accueil de l'application des agents techniques

Après chaque intervention, l'agent technique se connecte à l'application en vue d'ajouter son rapport d'intervention via la page d'ajout d'un nouveau rapport.

La figure ci-dessous donne un aperçu de cette page.

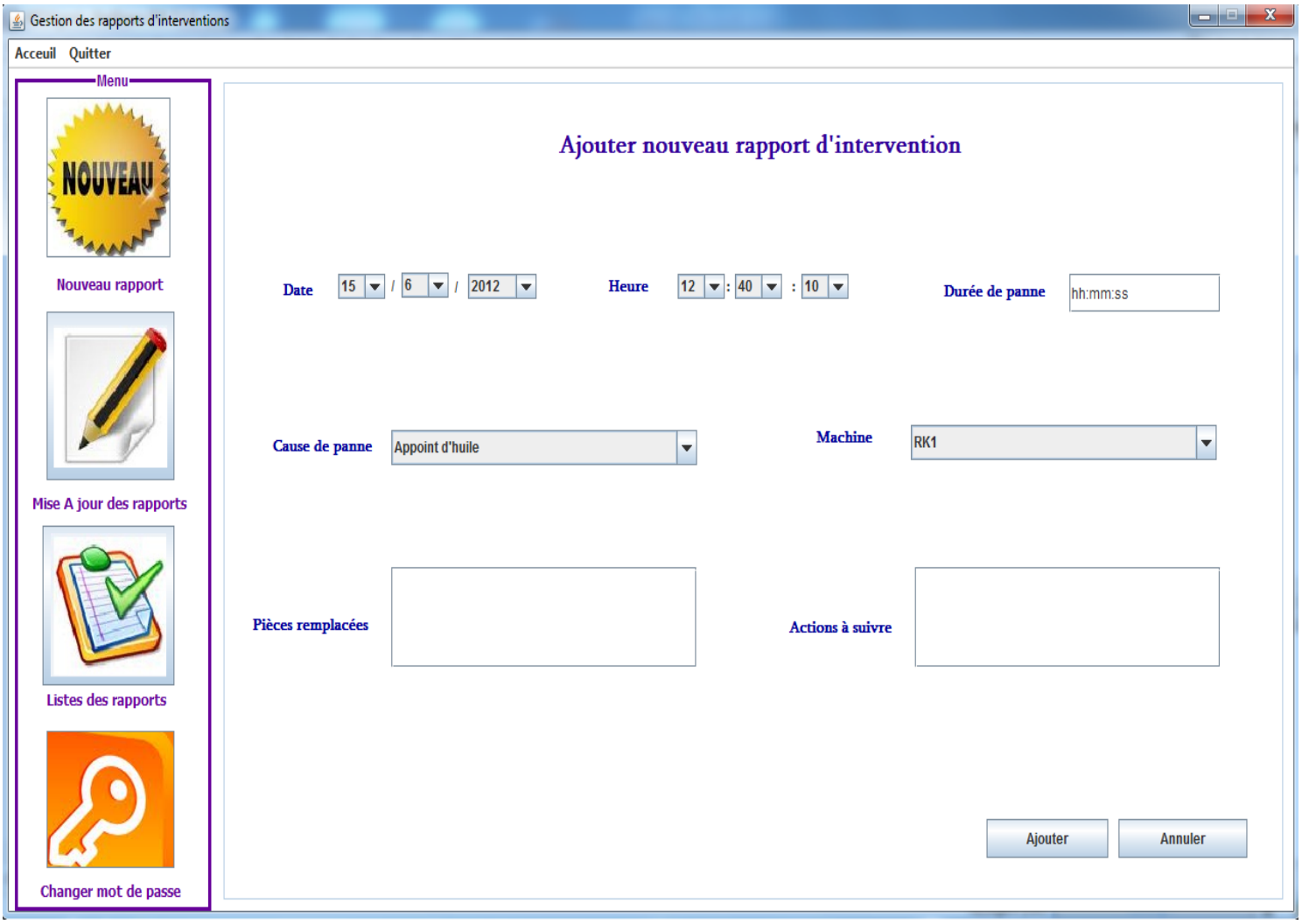


Figure 30 : Fenêtre ajout nouveau rapport d'intervention

En plus de l'ajout, l'agent technique peut modifier ses rapports d'intervention.

Dans un premier temps, il doit chercher l'id du rapport à modifier dans la liste des rapports ; une fois il a validé son choix, les champs sont remplis par les anciennes valeurs que l'agent technique peut les modifier par la suite à partir de la page ci dessous.

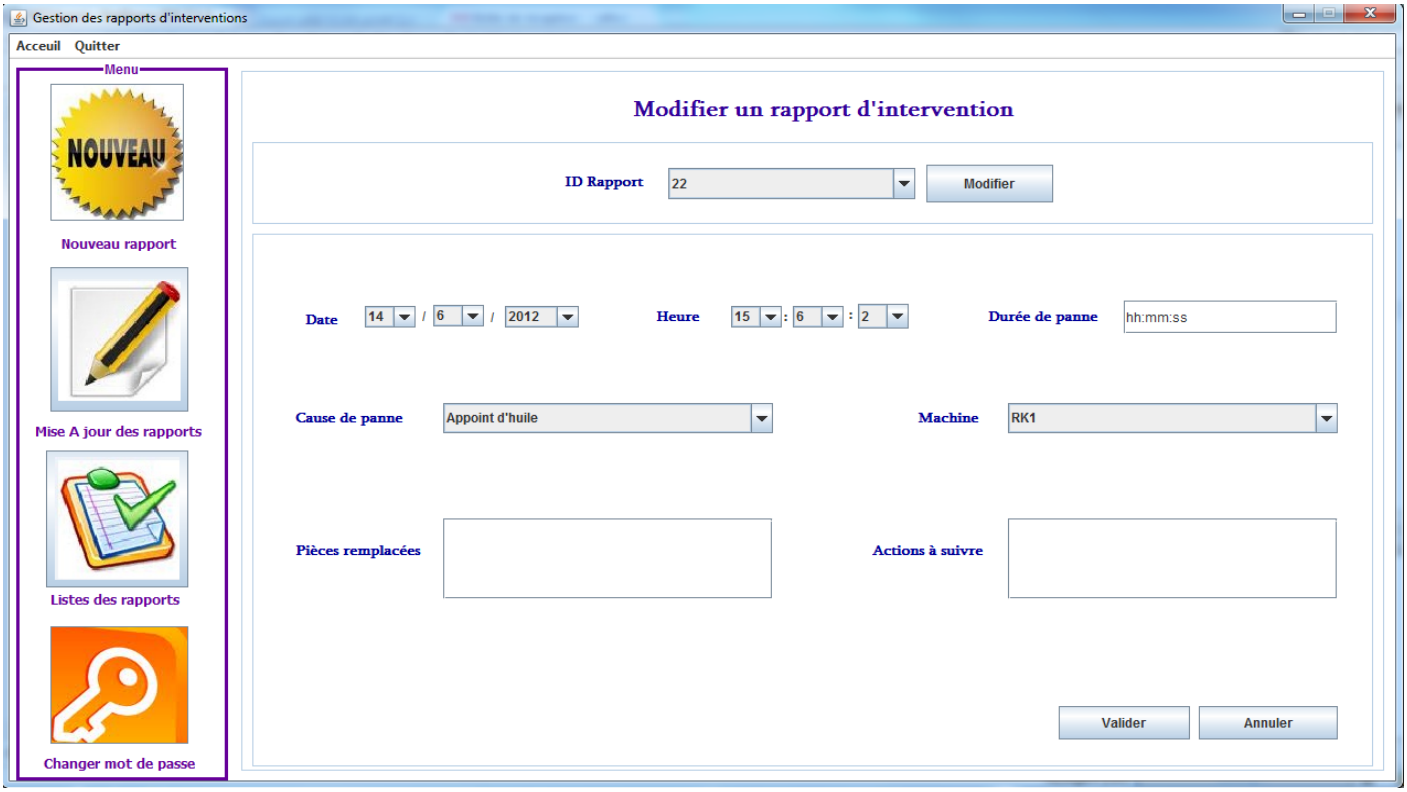


Figure 31 : Fenêtre Modifier un rapport d'intervention

4.3.1 Application du responsable technique

Nous allons présenter dans cette section, l'application dédiée au responsable technique. Ce dernier doit s'authentifier via son login et son mot de passe pour accéder à l'application.

Figure 32 : Fenêtre authentification du responsable technique

Après la réussite de son authentification, le responsable technique accède à la page d'accueil de l'application. Cette dernière permet d'accéder aux principaux éléments qui constituent notre solution à savoir la supervision et le MES.

Figure 33 : Page d'accueil de l'application du responsable technique

4.3.1.1 Partie MES

En accédant à la partie MES, le responsable se trouve devant une page menu qui contient toutes les fonctions principales du système MES à savoir la gestion des agents techniques, la gestion de la maintenance, la gestion de la production et enfin la gestion de l'énergie.

La figure ci-dessous donne un aperçu sur cette page.

Figure 34 : Fenêtre globale de la partie MES

En cliquant sur la fonction de la gestion des agents techniques, le responsable technique se trouve devant un nouveau menu qui lui permet d'ajouter, modifier, supprimer et lister les agents techniques ainsi que la génération d'un fichier Excel.

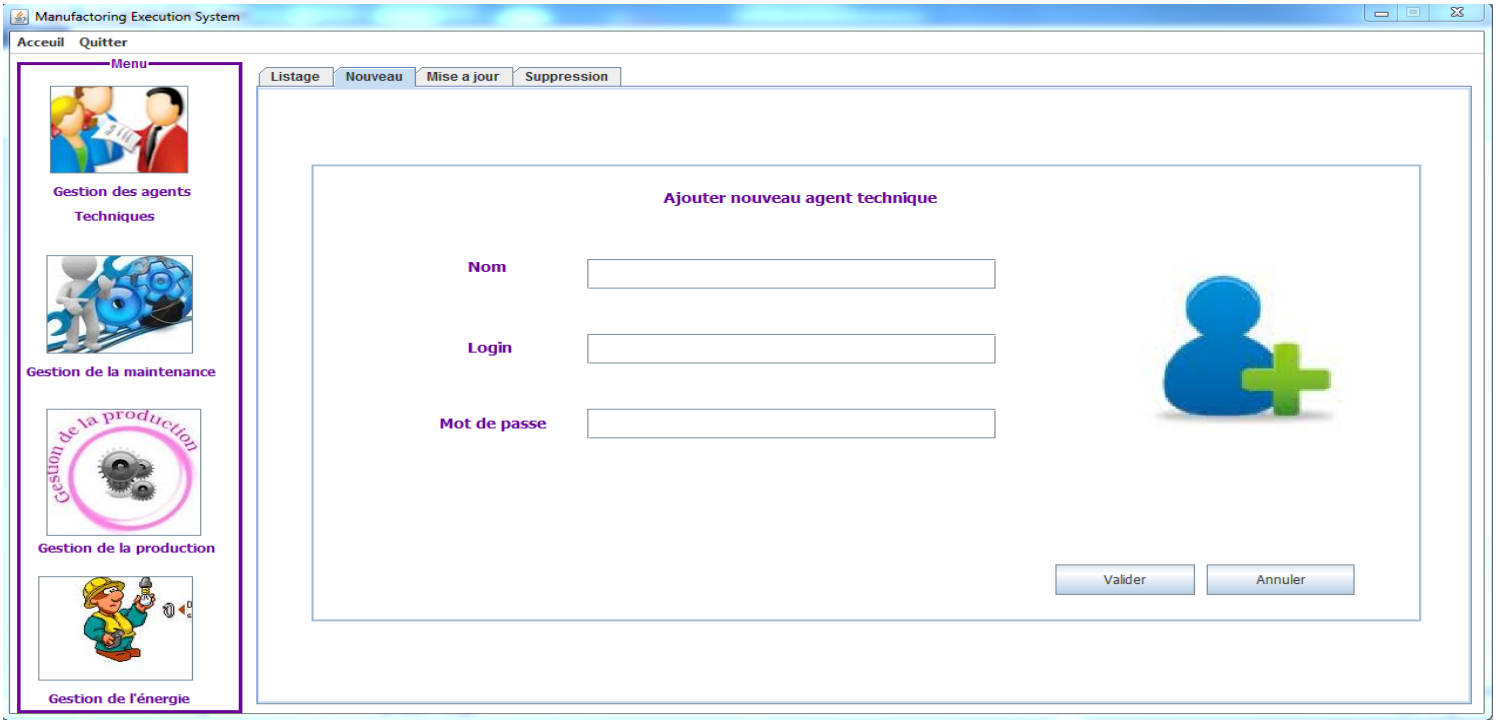
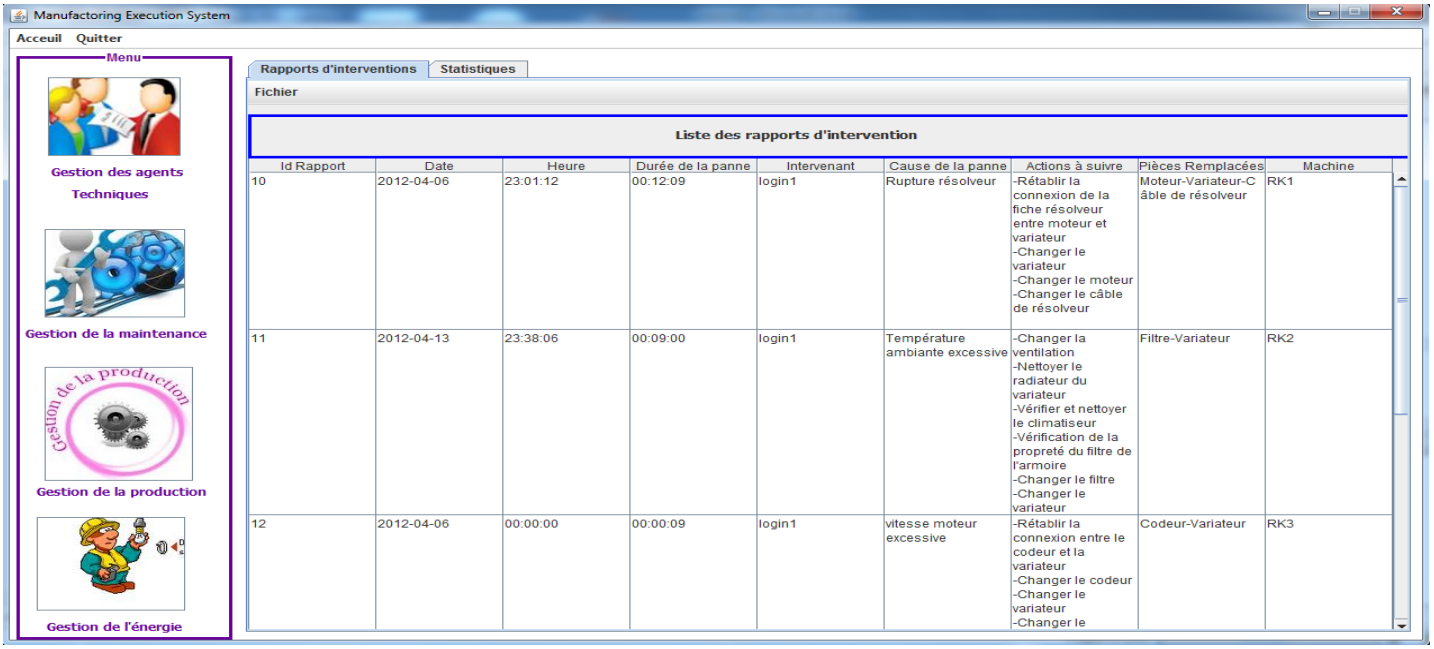


Figure 35 : Page d'ajout nouvel agent technique

En cliquant sur le bouton gestion de la maintenance, un nouveau menu apparaît. Ce menu contient deux fonctionnalités. La première permet de lister tous les rapports d'interventions des agents techniques ainsi que les exporter dans un fichier Excel.



Id Rapport	Date	Heure	Durée de la panne	Intervenant	Cause de la panne	Actions à suivre	Pièces Remplacées	Machine
10	2012-04-06	23:01:12	00:12:09	login1	Rupture résolveur	-Rétablir la connexion de la fiche résolveur entre moteur et variateur -Changer le variateur -Changer le moteur -Changer le câble de résolveur	Moteur-Variateur-Câble de résolveur	RK1
11	2012-04-13	23:38:06	00:09:00	login1	Température ambiante excessive	-Changer la ventilation -Nettoyer le radiateur du variateur -Vérifier et nettoyer le climatiseur -Vérification de la propreté du filtre de l'armoire -Changer le filtre -Changer le variateur	Filtre-Variateur	RK2
12	2012-04-06	00:00:00	00:00:09	login1	vitesse moteur excessive	-Rétablir la connexion entre le codeur et la variateur -Changer le codeur -Changer le variateur -Changer le	Codeur-Variateur	RK3

Figure 36 : Liste de tous les rapports d'interventions

La deuxième fonctionnalité permet d'exposer un ensemble de statistiques calculées à partir de la base de données. Ces statistiques permettent au responsable technique de mieux maîtriser son atelier à fin de prendre de bonnes décisions.

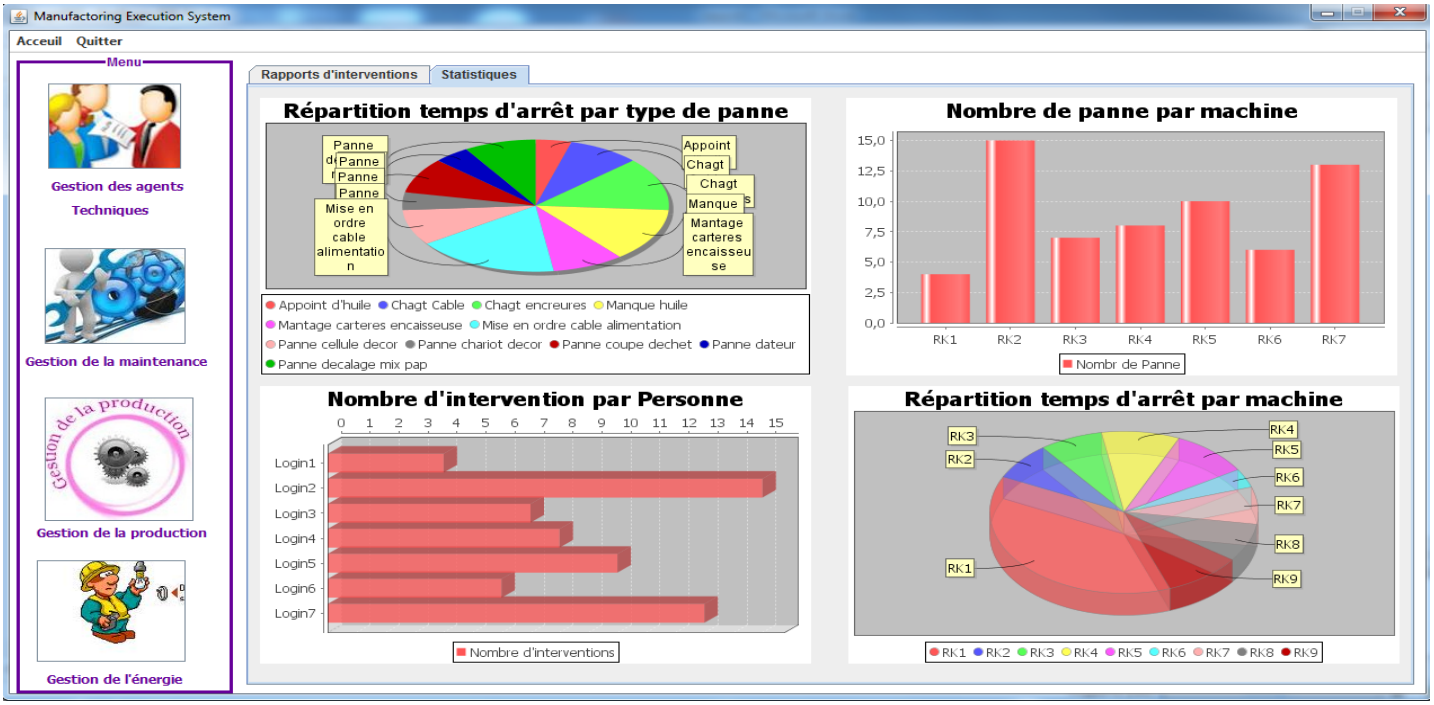


Figure 37 : Pages des statistiques de gestion de la maintenance

En cliquant sur l'un des diagrammes, une fenêtre pop-up s'ouvre avec une image plus grande pour la visibilité.

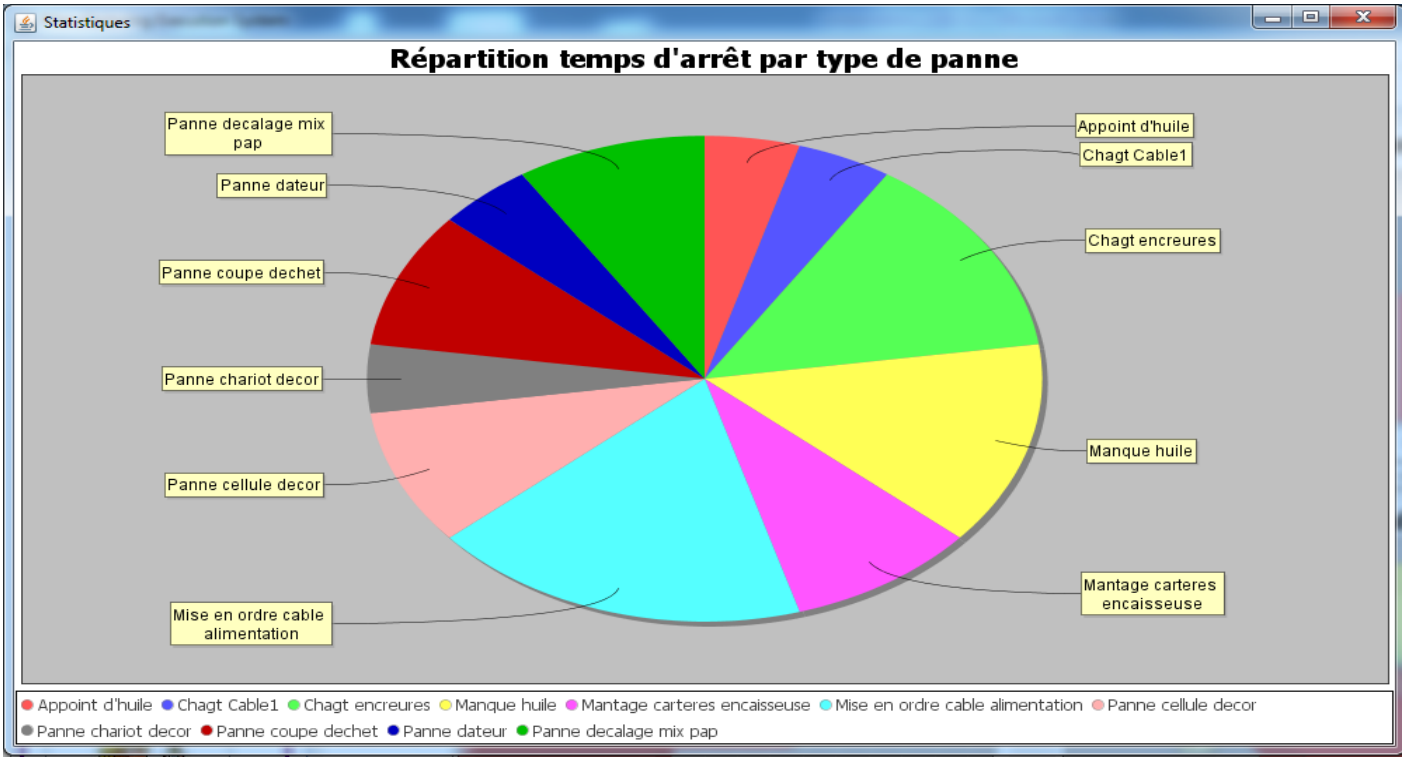


Figure 38 : Répartition temps d'arrêt par type de panne

Pour gérer la production, le responsable technique doit commencer par choisir la fonction de la gestion de la production depuis le menu générale.

Le choix de cette fonction, renvoie le responsable technique vers un menu secondaire qui contient toutes les fonctions nécessaires pour gérer sa production telles que : l'ajout, la modification, la suppression, la consultation et l'exportation des données vers Excel.

Cette fonction permet de gérer le lait brut qui arrive, chaque jour de différentes régions et permet aussi de gérer le lait prétraité obtenu après l'opération du prétraitement qui se fait quotidiennement.

Ainsi, le responsable technique peut faire le suivi journalier de la production.

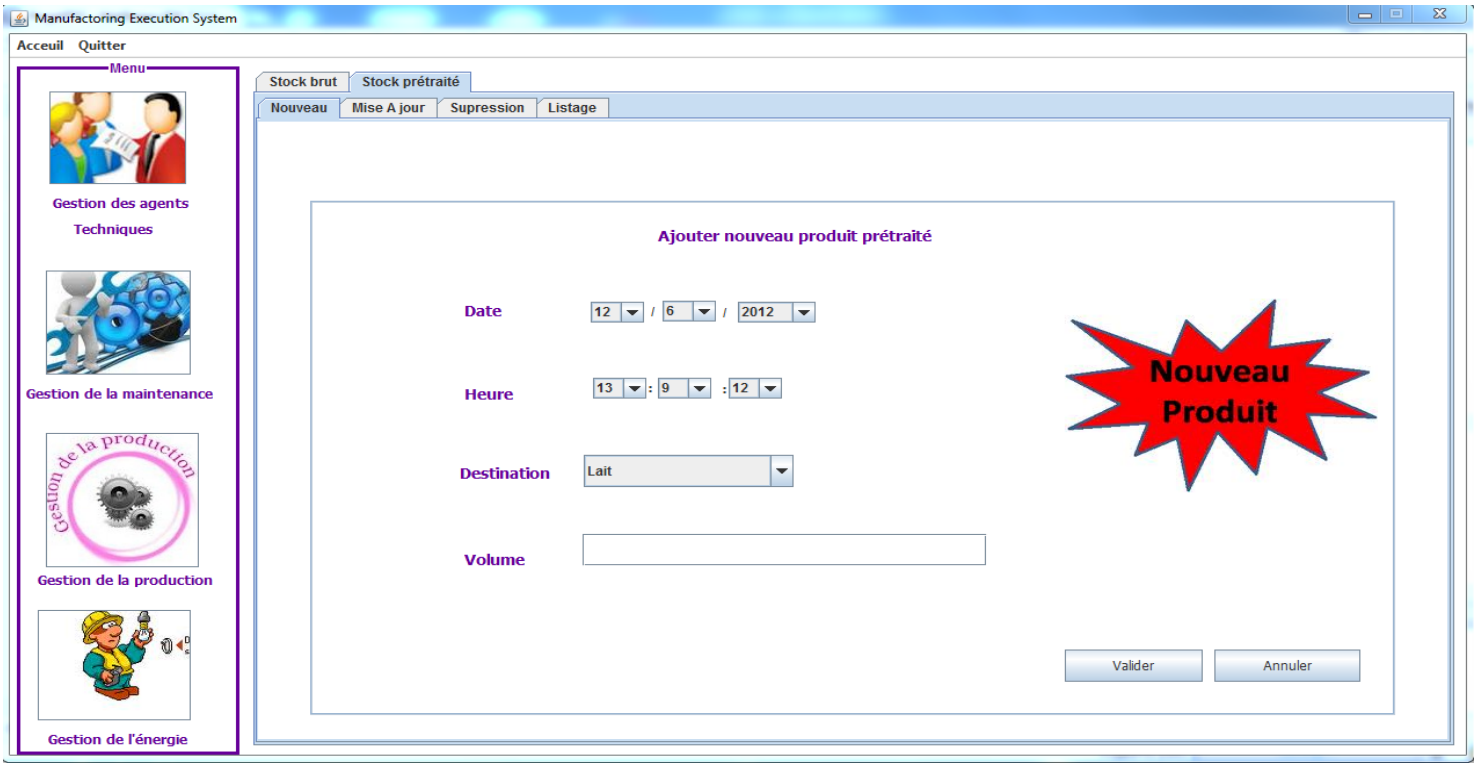
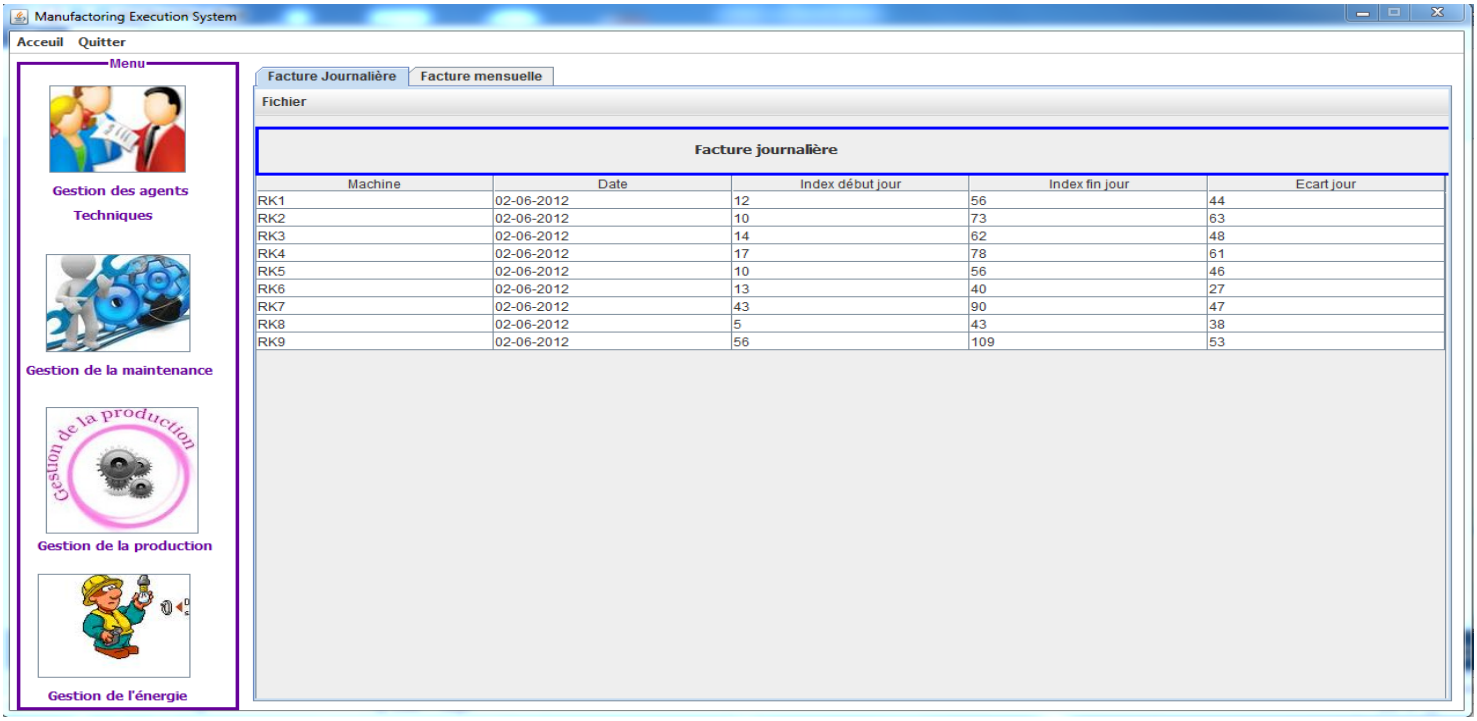


Figure 39 : Fenêtre d'ajout nouveau produit

En consultant la liste des consommations journalières et mensuelles de l'énergie de chaque machine de l'atelier, le responsable technique pour gérer facilement l'énergie électrique de son atelier.



Machine	Date	Index début jour	Index fin jour	Ecart jour
RK1	02-06-2012	12	56	44
RK2	02-06-2012	10	73	63
RK3	02-06-2012	14	62	48
RK4	02-06-2012	17	78	61
RK5	02-06-2012	10	56	46
RK6	02-06-2012	13	40	27
RK7	02-06-2012	43	90	47
RK8	02-06-2012	5	43	38
RK9	02-06-2012	56	109	53

Figure 40 : Liste des consommations journalières de l'énergie

4.3.1.1 Partie Supervision

La partie supervision comporte une étape de configuration que nous allons décrire maintenant avant de passer à la présentation de quelques interfaces de cette partie.

- Définition du cluster

L'étape de la configuration commence par la définition du cluster ; un cluster permet de regrouper différents ensembles d'exécution d'un même projet de sorte que plusieurs systèmes indépendants puissent être surveillés et contrôlés.

Le cluster de notre projet est nommé : CLProjetPFE

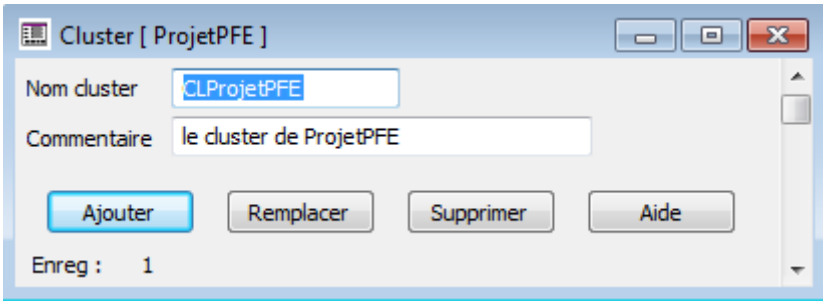


Figure 41 : Définition du cluster

- Définition d'une adresse réseau

Pour notre projet, l'adresse réseau c'est celle l'adresse du localhost(127.0.0.1) vue que nous travaillons sur le même PC.

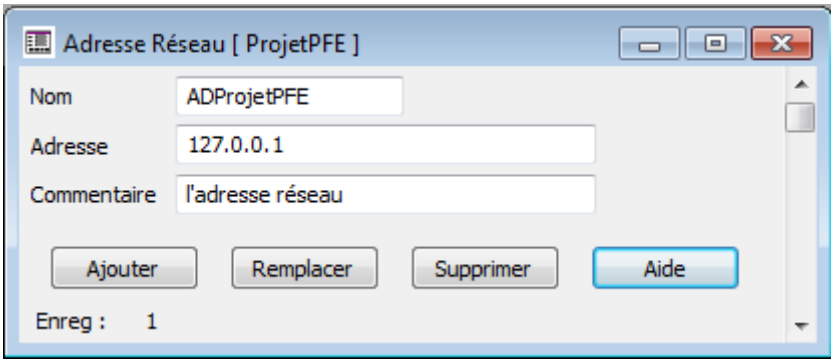


Figure 42 : définition d'une adresse réseau

- Définition du serveur d'alarmes

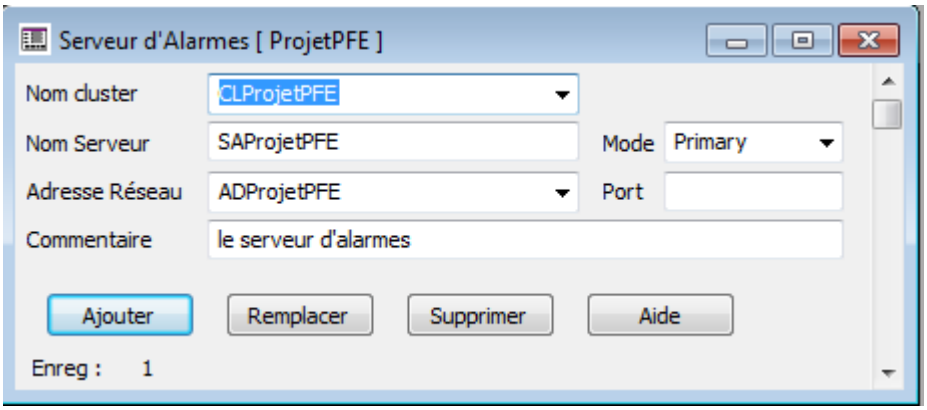


Figure 43 : Définition du serveur d'alarmes

- Définition du serveur de rapports

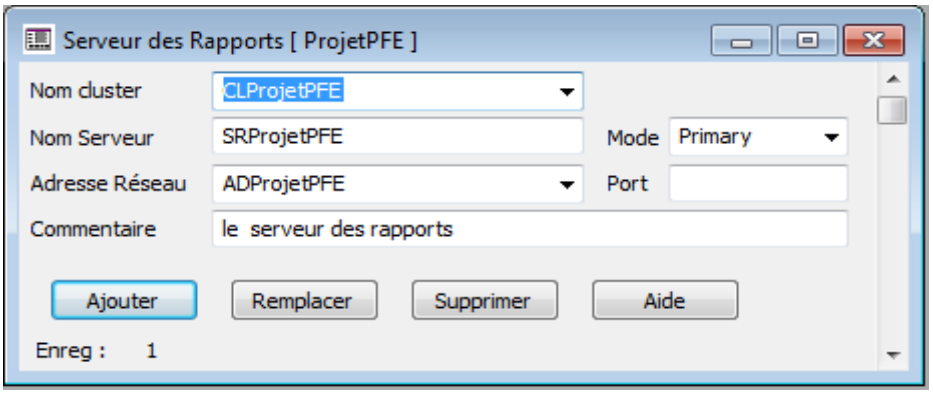


Figure 44 : Définition du serveur des rapports

- Définition du serveur de tendances

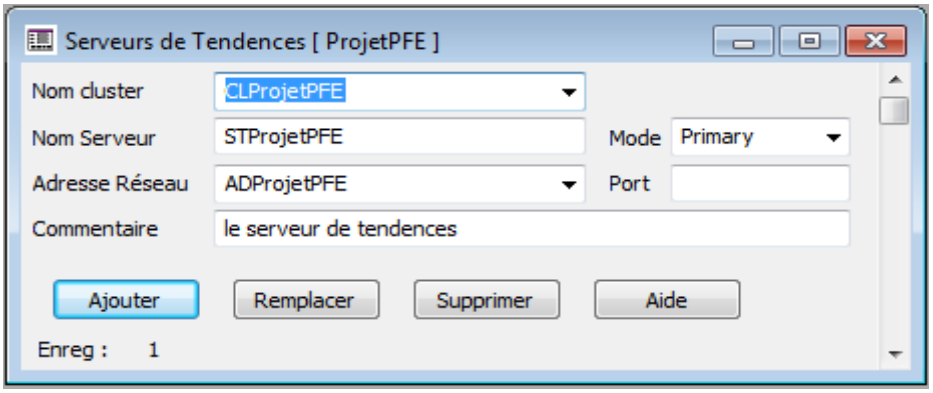


Figure 45 : Définition du serveur de tendances

- Définition du serveur E/S

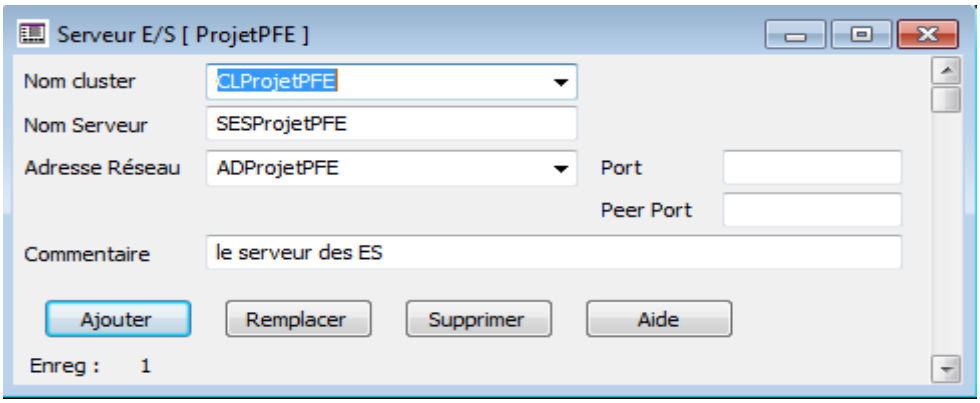


Figure 46 : définition du serveur d'E/S

- Configuration des périphériques d'E/S

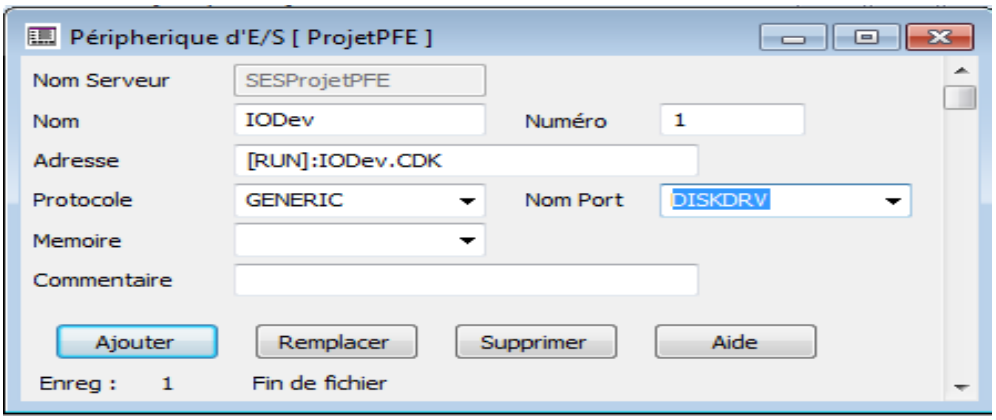


Figure 47 : configuration d'un périphérique d'E/S

- Définition des variables

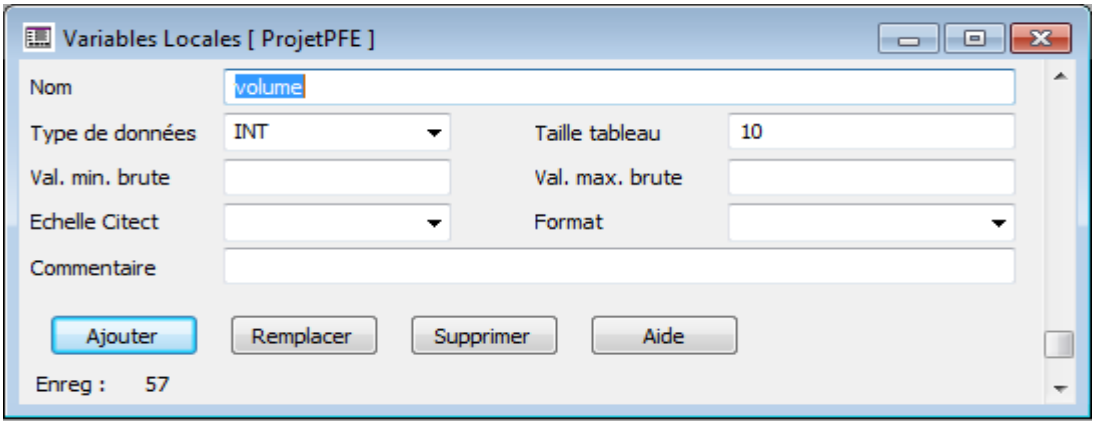


Figure 48 : Définition d'une variable

- Définition des alarmes

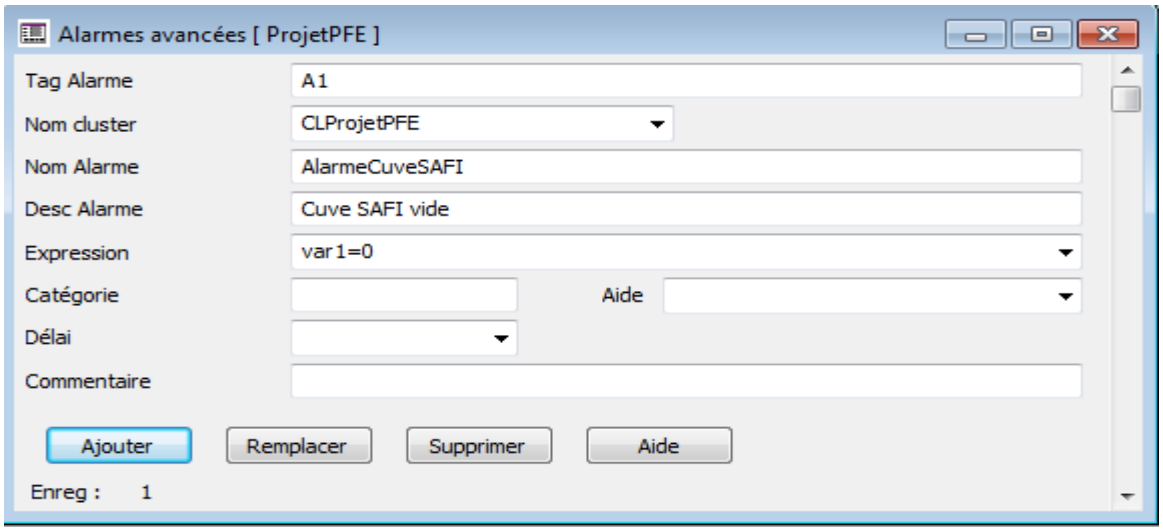


Figure 49 : définition d'une alarme

- Définition des événements

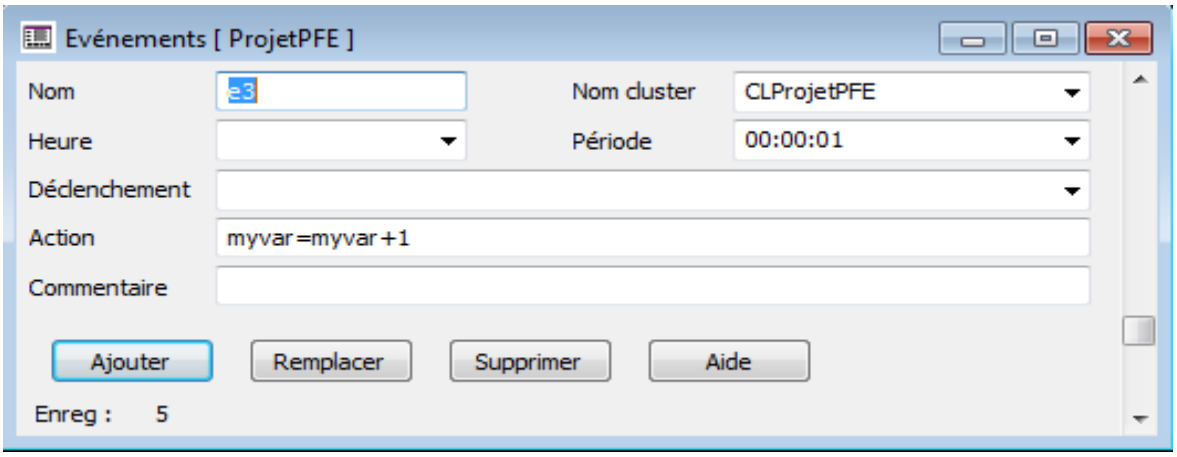


Figure 50 : Définition d'un événement

La partie supervision de notre solution se compose de deux éléments : la supervision du processus et la supervision des schémas électriques.

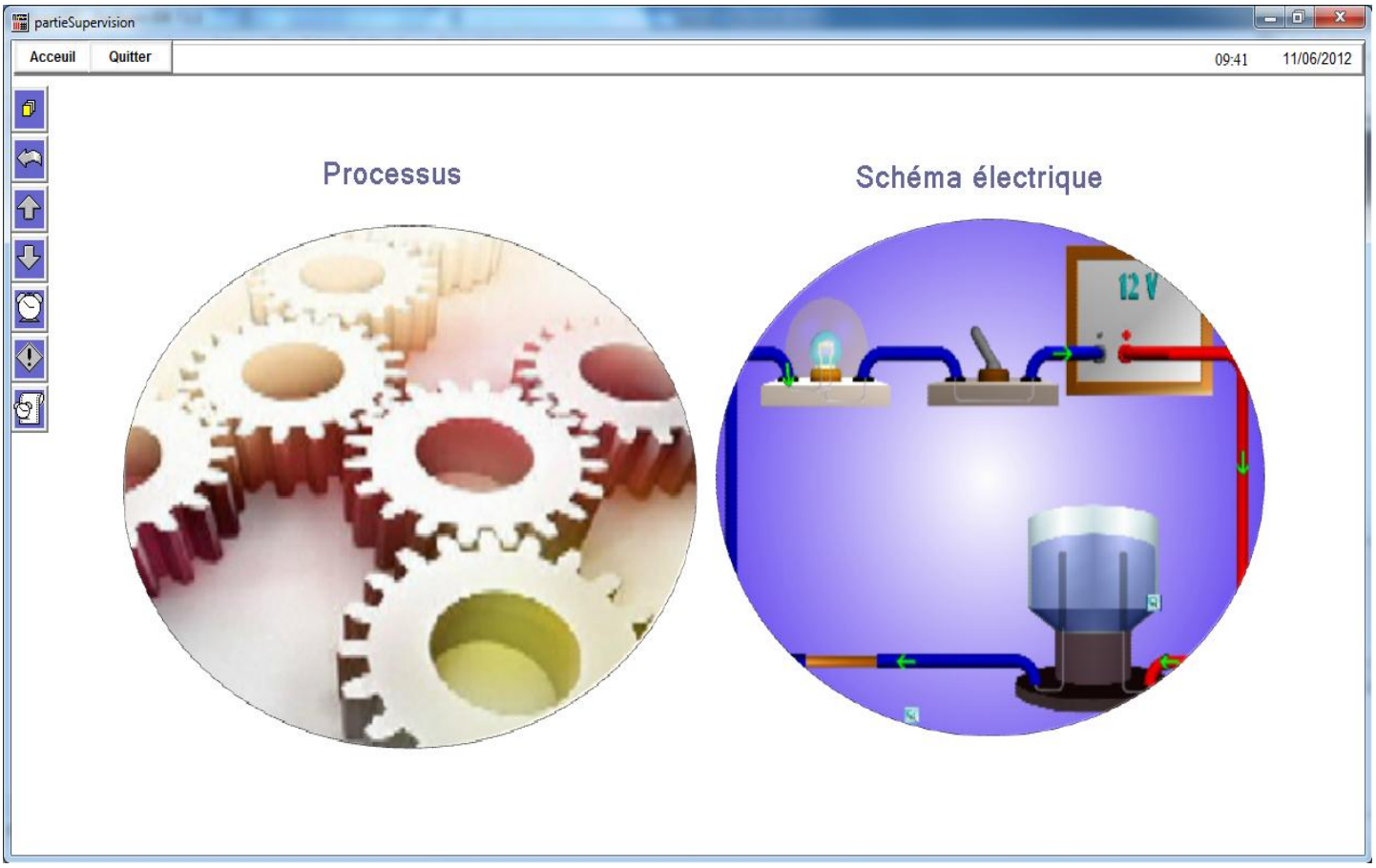


Figure 51 : Fenêtre principale de la partie supervision

En cliquant sur le bouton Processus, le responsable technique accède à la page dédiée à la supervision du processus de son atelier.

Cette page est composé de :

- D'un camion, illustrant le camion de l'Usine Centrale Laitière qui transporte le lait.
- Des cuves pour le stockage de lait brut : il y a trois cuves, chacune permet de stocker un type de lait et porte le nom de la ville d'origine de ce lait.
- Une cuve pour faire le prétraitement du lait brut.
- Des cuves pour le stockage du lait prétraité : il y a trois cuves, chacune permet de stocker un type de lait et porte le nom de l'atelier qui s'alimente de cette cuve.
- Des vannes pour régler l'écoulement du lait dans les cuves.
- Une pompe qui permet de refouler le lait du camion.
- Deux tables, la première contient les informations du lait brut et la deuxième contient les informations du lait prétraité. Ces données correspondent aux

informations saisies par le responsable technique dans le module de la gestion de production.

- Des tubes pour transporter le lait.

Cette page est animée, une fois on clique sur le bouton run, on peut visualiser le processus de réception et prétraitement du lait au sein de l'atelier.

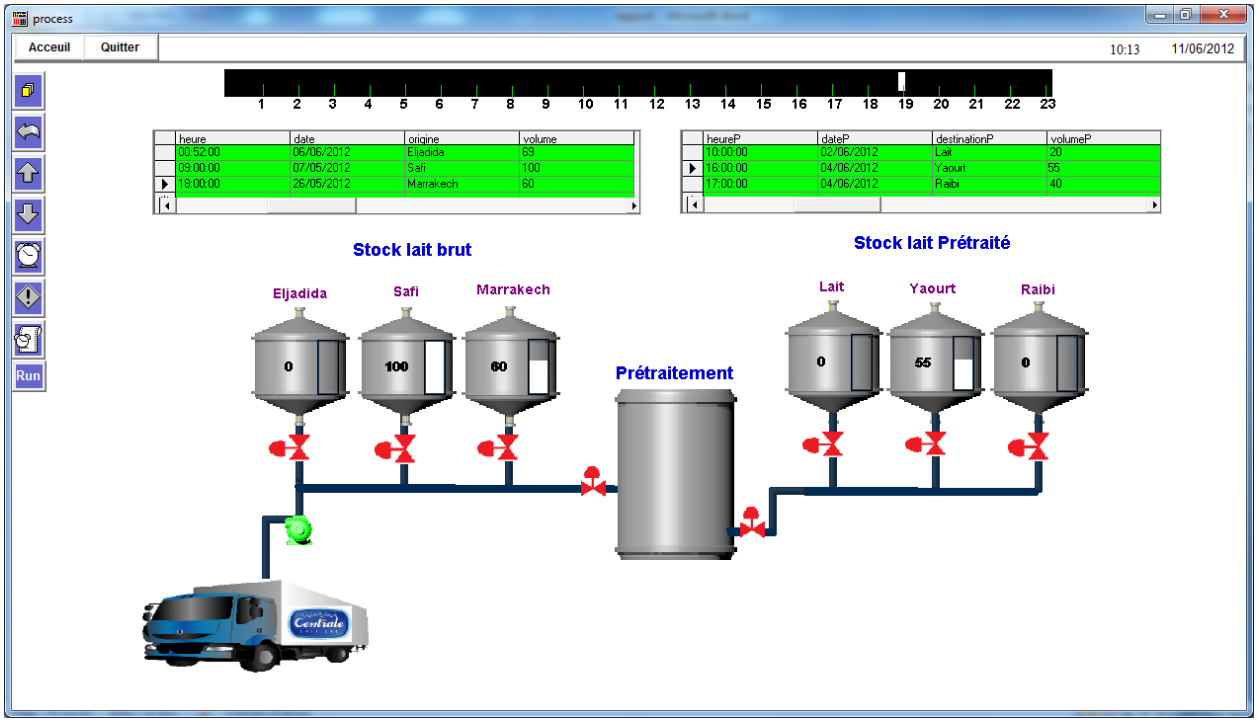


Figure 52 : Page de supervision du processus

La supervision des schémas électriques se fait via la page ci-dessous. Elle illustre les différentes armoires électriques de l'atelier en question, chaque armoire contient un écran qui affiche toutes les grandeurs (Voir Figure 56) liées au réseau électrique pour les superviser à fin de garantir le bon fonctionnement du réseau.

Les boutons trend se trouvant sur chaque armoire permettent de visualiser les courbes de tendance de chaque grandeur pour suivre son évolution en temps réel. (Voir Figure 56)

Ce module permet aussi de collecter les données en temps réel pour les exploiter par la suite dans l'analyse.

En effet chaque jour, les valeurs de consommations de l'énergie de chaque machine sont enregistrées dans la base de données pour les exploiter dans le module de la gestion d'énergie.

Cet archivage se fait via un événement configuré comme dans la figure suivante

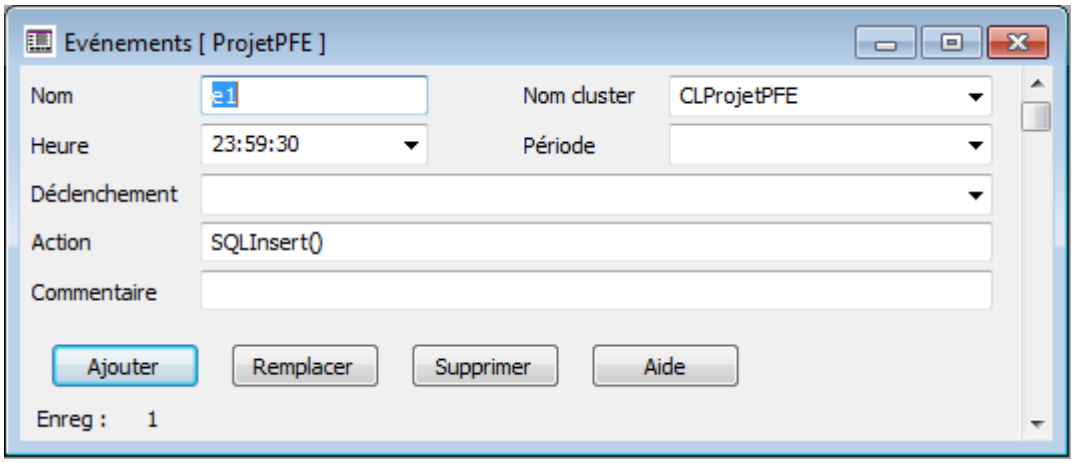


Figure 53 : Configuration d'un événement pour l'archivage de la consommation journalière

Cet événement se déclenche chaque minuit pour enregistrer les valeurs de l'énergie consommée dans la base de données via la fonction SQLInsert() écrite en Cicode.

La même chose pour la consommation mensuelle.

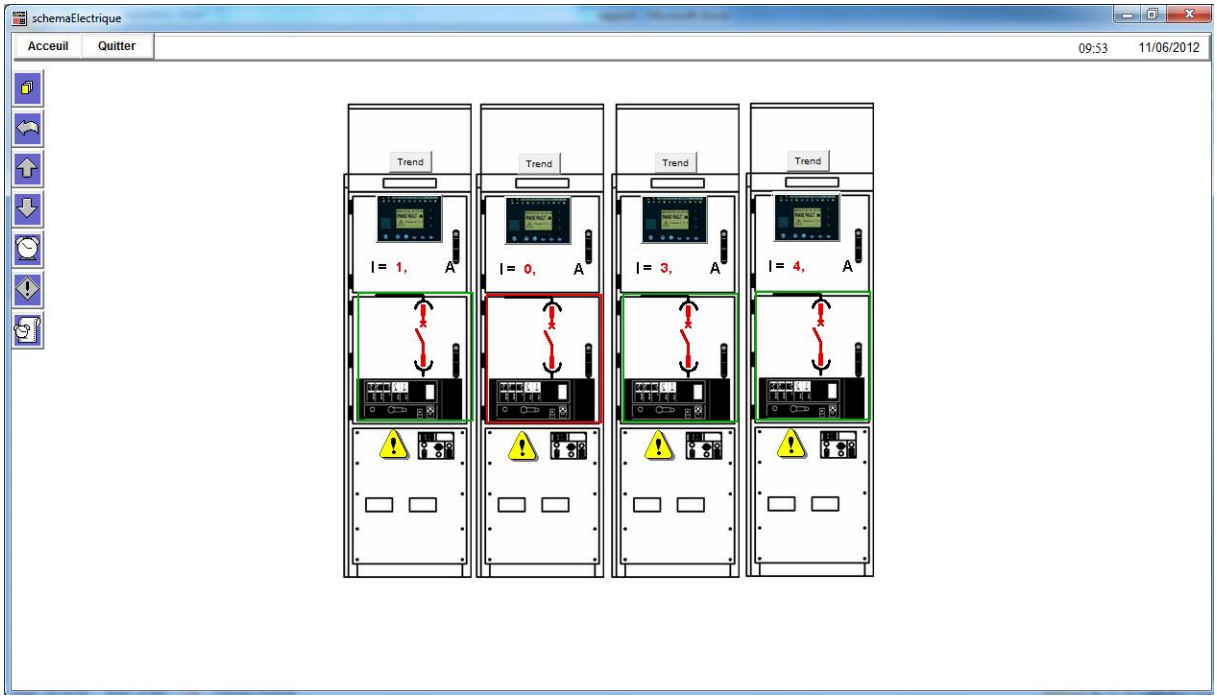


Figure 54 : Page de supervision des schémas électrique

Figure 55 : Affichage des courbes de tendances et les données instantanées

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par la description de l'environnement du développement .Ensuite nous avons présenté les différents outils de développement de notre projet. Pour finir, nous avons présenté le travail réalisé en donnant un aperçu de l'IHM réalisée.

Conclusion générale et perspectives

L'objectif de notre projet de fin d'étude consistait en l'étude, l'analyse, la conception et la mise en place d'une solution informatique de Supervision/MES. Cette solution est faite pour l'atelier de réception et prétraitement du lait de l'Usine Centrale Laitière de Salé qui représente un client pour la société ELEXIS.

Pour réaliser ce projet, nous avons commencé par une étude de la supervision industrielle et les systèmes MES, ensuite, nous avons élaboré une étude fonctionnelle du projet en présentant l'architecture fonctionnelle répondant aux besoins et aux exigences du système. Lors de la phase d'analyse et conception, nous avons présenté les différents diagrammes UML pour mieux comprendre la communication entre les différents objets du projet. Enfin, nous avons mis en œuvre notre solution de Supervision/MES.

Le stage que nous avons effectué au sein de la société ELEXIS, nous a donné l'occasion de faire le lien entre nos connaissances académiques et le monde professionnel. D'une part, il nous a appris à nous imprégner du milieu professionnel en nous soumettant à des défis qui nous ont permis d'améliorer notre aptitude à analyser et résoudre des problèmes. D'autre part, il nous a permet d'améliorer notre savoir-faire, notre savoir être, notre rigueur et d'affermir notre professionnalisme.

Comme perspectives pour ce projet, nous proposons :

- D'ajouter d'autres modules à la partie MES de notre solution comme : l'ordonnancement et la gestion des ressources.
- De réaliser une nouvelle version de cette solution sous la forme d'une application web.

Bibliographie et webographie

[1] : www.infodev.fr/fr/logiciels/mes-c3p/

[2] : CHARTRES Jean-Marc, '' Supervision : outil de mesure de la production'', Technique de l'ingénieur, Paris, France, 1997.

[3] : Pierre BONNET, '' Introduction à la supervision'', cours Master SMaRT, Université Lille1 (Sciences et Technologie), Novembre 2010.

[4] : Samieh MIRDAMADI, '' Modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel à l'aide de la simulation en ligne couplé à l'exécution, Thèse du Doctorat, 17 juin 2009.

[5] : http://fr.wikipedia.org

[6] : Anthony BUTHOD et Vincent BOYER, '' Introduction au concept MES (Manufactoring Execution System)'', université de Savoie.

[7] : A. COURTOIS, C. MARTIN-BONNEFOUS, M. PILLET, Chapitre 13 '' Gestion de production et système d'information'', 2003.

[8] : Philippe COUKA, ''Mise en place opérationnelle d'un projet MES'', 10 Janvier 2012.

[9] : Pr. Abderrahim BENABBOU, '' Cours Analyse et Conception Orientée Objet en UML''

[10] : Pr M.AFILAL, ''Cours génie logiciel orienté objet UML''

[11] : www.01net.com

[12] : Vijeo Citect, '' Manuel de l'utilisateur Vijeo Citect'', Novembre 2008.

[13] : Jean-Michel DOUDOUX, ''Développons en Java'', 30/12/2010.

[14] : http://lrie.efrei.fr (Laboratoire de Recherche en informatique de l'EFREI)

[15] : http://jmdoudoux.developpez.com

[16] : Patrick Itey, '' Java et les bases de données, L'API JDBC''.

[17]: Citect Educational Services, Cicode Fundamentals Exam Study Guide, 2008.

[18]: Richard Grin, ''Langage SQL'', 4 janvier 2008

[19] : http://pages42.wordpress.com