

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

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

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées



Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Management Industriel et Logistique

Présenté par :

Ghofrane Kheira HICHOOR

Merwa HOUMADI

Thème

**Etablissement d'un cahier de charge
pour le développement d'un ERP
Pour l'entreprise Cartonnerie El-Amine**

Soutenu publiquement, le 03/07/2022, devant le jury composé de :

M Fouad MALIKI	MCB	ESSA. Tlemcen	Président
Mme Imen KOULOUGLI	MCB	ESSA. Tlemcen	Directeur de mémoire
M Taha ELACHACHI	Ingénieur	Cartonnerie El-Amine	Co- Directeur de mémoire
M Mustapha Anwar BRAHAMI	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur
M Mohammed BENNEKROUF	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur
M Ahmed ABDUL RAHUMAN	Consultant		Invité

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciements

La réalisation de ce projet a été possible grâce à Dieu et au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre reconnaissance à notre chef de filière notre source de motivation, Monsieur Fouad MALIKI, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion. Et Madame Imen KOULOUGHLI notre encadrant. Je désire aussi remercier les professeurs de l'université de l'école, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Nous tenons à remercier spécialement Monsieur Elachachi Mohammed Ennour directeur de l'entreprise, qui nous a ouvert les portes de son entreprise et nous a permis d'effectuer le stage. Un grand merci à Monsieur Taha ELACHACHI notre maitre de stage pour son soutien technique et moral, pour tous ses conseils, et son aide qui nous a grandement facilité notre travail.

Sans oublier Monsieur Ahmed ABDUL RAHUMAN qui nous a beaucoup aidé dans notre travail, notamment l'aspect informatique et développement, ne nous a pas lésiné sur sa vaste expérience. Et Monsieur Fehallah BOUALEM, pour avoir relu et corrigé notre mémoire, ses conseils de rédaction ont été très précieux.

Dédicace

A mon père Houcine et ma mère Hadjira HAMMOUDI, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mon grand-père et ma grand-mère, que Dieu ait pitié d'eux.

A ma chère sœur Zoulikha pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, et mon cher frère Mohammed Habib Ellah.

A mon grand-père et ma grand-mère, et toutes mes tantes mes oncles, mes cousins et mes cousines pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux, et le fruit de votre soutien infailible.

A mon binôme et amie Ghofrane. Et mes amies Nada, Soumia et Djazia . Merci d'être toujours là pour moi.

Merwa

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma mère, à la source d'amour qui ma toujours poussé et motivé dans mes études.

A mon père, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect, que Dieu lui fasse miséricorde.

A mes frères (Abdelhadi et Abderahman) , mes sœurs(Malek et Marewa) et mes chère amies (Nada, Amina et Djazia) qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A mon fiancé, qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.

Sans oublier mon binôme Merwa pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Ghofrane

Table des matières

Remerciements	1
Dédicace	2
dédicace	3
1 Système d'information et systèmes de gestion intégrés	14
1.1 Système d'information	14
1.1.1 Introduction	14
1.1.2 Système d'entreprise	14
1.1.3 Système d'information	15
1.2 Les types d'un système d'information	17
1.3 Systèmes de gestion intégrés	18
1.3.1 L'appellation ERP	18
1.3.2 Définition	18
1.3.3 L'évolution des systèmes de gestion intégrés	19
1.3.4 Types de logiciel ERP	20
1.3.5 Les caractéristiques d'un ERP	21
1.3.6 Les Avantages des ERP/PGI	22
1.3.7 Les inconvénients des ERP/PGI	24
1.3.8 État du marché	25
1.3.9 La mise en place d'un ERP	26
1.4 Conclusion	29
2 SysML (System Modeling Language)	30
2.1 Introduction	30
2.2 L'ingénierie des systèmes et la modélisation	30

2.3	Définition	31
2.4	Historique	32
2.5	Les avantages du SysML	33
2.6	Apports de SysML par rapport à l'UML	33
2.6.1	Comparaison entre les diagrammes UML et SysML	34
2.7	Architecture du langage	36
2.7.1	Principes de conception	36
2.7.2	Architecture	36
2.7.3	Les mécanismes d'extension	39
2.7.4	Diagrammes SysML	39
2.8	Conclusion	57
3	Présentation de l'entreprise	58
3.1	Introduction :	58
3.2	Présentation de l'entreprise	58
3.3	Fiche technique de l'entreprise	58
3.4	Historique	59
3.5	Organigramme	60
3.6	Activités	60
3.7	Perspectives de l'entreprise	62
3.8	Principaux produits	62
3.9	Qualité	65
3.10	Fournisseurs, clients et concurrents	66
3.11	Conclusion	67
4	Analyse des données des produits d'emballage	68
4.1	Introduction	68
4.2	Analyse de l'existant	68
4.3	Présentation du projet	69
4.3.1	Pourquoi ce projet ?	69
4.3.2	Problématique :	69
4.3.3	L'objectif du projet	70

4.4	La sélection des trois ERP	70
4.4.1	Comment avons-nous effectué ce choix?	70
4.5	Le processus de production dans l'entreprise	71
4.5.1	Définition technique des différentes phases du processus	71
4.6	Choix de l'échantillon des produits :	73
4.7	La nomenclature	74
4.7.1	Définition	74
4.7.2	Pourquoi on utilise une nomenclature?	75
4.7.3	Types de nomenclature (BOM)	75
4.7.4	Structure et conception de nomenclature :	76
4.7.5	Les éléments nécessaires d'une bonne nomenclature :	77
4.7.6	La nomenclature des échantillons :	78
4.8	La gamme de fabrication :	80
4.8.1	Qu'est-ce qu'une gamme de fabrication? :	80
4.8.2	La gamme de fabrication des échantillons :	82
4.9	Modélisation du système de l'entreprise :	87
4.9.1	Diagramme de cas d'utilisation de système :	87
4.9.2	Diagramme de séquence de système :	92
4.10	Les spécifications	96
4.11	Conclusion	100

Table des figures

1.1	Le système d'information dans l'entreprise	15
2.1	L'extension SysML de UML	37
2.2	Structure de package SysML	38
2.3	Diagrammes sysml	40
2.4	Diagramme de cas d'utilisation	42
2.5	Variante du diagramme avec généralisation d'acteurs et un acteur secondaire non- humain	43
2.6	La relation d'inclusion	44
2.7	La relation d'extension	44
2.8	La relation de généralisation /spécialisation	45
2.9	Diagramme paramétrique simple	45
2.10	Diagramme de bloc interne	46
2.11	Diagramme de définition de bloc	47
2.12	Diagramme d'activité simple	48
2.13	Notation de base du diagramme de séquence	49
2.14	dss simple du cas être réveillé à l'heure	50
2.15	dss avec fragment	52
2.16	dss avec références	54
2.17	dss avec contraintes temporelles	55
2.18	Diagramme de package simple	56
2.19	Diagramme d'état simple	56
3.1	Organigramme de la direction de l'entreprise	60
3.2	Boite à 4 coins	62

3.3	Boite à chaussures	63
3.4	Fond avec couleur indépendant	63
3.5	boite étuis simple	64
3.6	Carton en feuille	64
3.7	Boîte Panier	65
4.1	Le processus de production dans l'entreprise	71
4.2	La nomenclature de la boite pâtissière standard	78
4.3	La nomenclature de la boite pâtissière personnalisée(Algéroise)	79
4.4	La nomenclature du Plastron personnalisé DENIZ	79
4.5	La nomenclature de la boite DENIZ avec fenêtre	80
4.6	La nomenclature de la boite contre-collée Mega Papier bleu	80
4.7	Le contenu d'une gamme de fabrication	81
4.8	La gamme de fabrication de la boite pâtissière standard	82
4.9	La gamme de fabrication d'emballage	82
4.10	La gamme de fabrication de la boite pâtissière personnalisée (Algéroise)	83
4.11	La gamme de fabrication de plastron personnalisé DENIZ	84
4.12	La gamme de fabrication de la boite DENIZ avec fenêtre	85
4.13	La gamme de fabrication de la boite contrecollée Méga papier bleu	86
4.14	La gamme de fabrication de carton simple face MEK	86
4.15	Diagramme de cas d'utilisation de gestion des ventes	88
4.16	Diagramme de cas d'utilisation de la conception	89
4.17	Diagramme de cas d'utilisation de la phase de design	89
4.18	Diagramme de cas d'utilisation de CTP	90
4.19	Diagramme de cas d'utilisation de la gestion de production	90
4.20	Diagramme de cas d'utilisation de la gestion de stock	91
4.21	Diagramme de cas d'utilisation de la gestion des achats	92
4.22	Diagramme de séquence de gestion des commandes	93
4.23	Diagramme de séquence de gestion de production et stock	94

Liste des tableaux

1.1	La part de marché des éditeurs d'ERP en France en 2005	25
1.2	SAP ERP en bref	25
1.3	Odoo en bref	26
1.4	Microsoft Dynamics 365 en bref	26
2.1	Comparaison entre les diagrammes UML et SysML	35
4.1	Tableau de l'échantillon	74
4.2	tableau des spécification-partie 1	97
4.3	tableau des spécifications-partie 2	98
4.4	tableau des spécifications-partie 3	99

Liste des symboles

RFP Demande de proposition/Request For Proposal

AGPL Licence publique générale Affero/Affero General Public License

BDD Diagramme de définition de bloc/Block definition Diagram

BTP Bâtiment et Travaux Publics/Building and public works

CAO Conception Assistée par Ordinateur /Computer aided design

CRM Gestion de la relation client/Customer Relationship Management

dss Diagramme de Séquence « Système »/System sequence diagram

EBOM Nomenclature d'ingénierie /Engineering Bill of Materials

EDA Automatisation de la conception électronique/Electronic Design Automation

ERP Entreprise Resource Planning/Planification des ressources de l'entreprise

IA Intelligence Artificielle/Artificial intelligence

IBM International Business Machines corporation/International Business Machines corporation

INCOSE Conseil international de l'ingénierie des systèmes/International Council On Systems Engineering

IOT Internet des objets/Internet Of Things

MBOM Nomenclature de fabrication /Manufacturing Bill Of Materials

MBSE Ingénierie des systèmes à base de modèles/Model-Based Systems Engineering

MMKarton : Mayr-Melnhof Karton

MRP Planification des besoins en matériel /Material Requirements Planning

MRP2 Planification des ressources de fabrication /Manufacturing Resource Planning

OMG Groupe de gestion des objets/Object Management Group

PGI Progiciel de Gestion Intégré/Integrated management software

PIC Plan Industriel et Commercial/Industrial and business plan

PME Petites et Moyennes Entreprises/Small and medium enterprises

SaaS Logiciel en tant que service/Software as a Service

SAD Système d'Aide à la Décision/Decision Support System

SAP Systèmes, applications et produits dans le traitement des données/Systems, Applications and Products in data processing

SBOM Nomenclature des services /Service Bill of Materials

SE Ingénierie des systèmes/Systems Engineering

SGI Système de Gestion Intégré/Integrated management system

SI Système d'information/Information System

SIG Système d'Information de Gestion/Management information system

SysML Langage de modélisation des systèmes/Systems Modeling Language

TPS Système de Processus de Tansaction/Transaction Process System

UML Langage de modélisation unifié/Unified Modeling Language

XMI Échange de métadonnées XML /XML Metadata Interchange

Introduction

La quantité d'informations utilisées par les industriels ne cessent pas d'augmenter. Pour cela, les entreprises sont obligées d'investir dans les systèmes d'information pour améliorer leur performance et aboutir à leurs objectifs. Dans ce contexte, les industriels ont tendance de s'équiper d'outils spécialisés qui facilitent la gestion du flux d'information et répondent aux besoins métiers. De ce fait, la recherche d'un logiciel de gestion regroupant les différentes informations utilisées par l'entreprise et assurant la traçabilité de sa chaîne logistique est avérée.

Un logiciel ERP (Enterprise Resource Planning) se présente comme un ensemble de modules reliés à une base de données centralisée qui permet de gérer l'ensemble des fonctions et des services de l'entreprise depuis la commande jusqu'à la distribution. Se doter d'un ERP est primordial pour une entreprise, mais il est aussi important d'identifier les besoins spécifiques de l'entreprise pour se diriger vers la bonne solution.

Réalisé au sein de l'entreprise Cartonnerie El-Amine. L'objectif de ce travail est d'établir un cahier de charge contenant un ensemble de spécifications répondant aux besoins de gestion de données de l'entreprise, ces besoins seront pris en considération dans le choix de l'ERP et son implémentation.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres, nous présentons dans le premier chapitre les systèmes d'informations et les ERP, les différentes étapes à suivre pour la mise en place d'un ERP au sein d'une entreprise sont expliquées et détaillées.

Dans le deuxième chapitre, nous décrivons le langage de modélisation graphique SysML et ses diagrammes, ainsi que ses différences avec le langage UML.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise. Nous avons présenté l'historique de l'entreprise, ses produits fabriqués et leur qualité ainsi que les clients et les fournisseurs.

Le dernier chapitre détail la démarche utilisée pour établir notre cahier de charge, nous commençons par une analyse de données de l'entreprise, suivi de la définition du processus de fabrication. Nous décrivons aussi l'échantillon des produits pris en considération dans l'ERP ainsi que les différents diagrammes de cas d'utilisation et de séquence schématisant le système d'information développé. Ce chapitre est clôturé par l'explication des différentes spécifications élaborées en concertation avec les managers de l'entreprise.

Chapitre 1

Systeme d'information et systemes de gestion integrés

1.1 Systeme d'information

1.1.1 Introduction

Ce chapitre fournit des informations générales sur le système d'information et tout ce qui concerne les systèmes de gestion intégrés, leur état de marché et comment les mettre en place.

1.1.2 Systeme d'entreprise

L'entreprise est une organisation économique intégrée à un environnement, dotée d'une indépendance légale et combinant des facteurs de production pour produire des biens et des services qui seront vendus sur le marché. Elle se compose de trois sous-systèmes en interaction entre eux :

- **Systeme operant** : assure la production physique des biens et des services, contrôlé par le système de décision. Il est relié à l'environnement par des flux physiques externes et aux autres sous-systèmes par des flux internes d'information.
- **Systeme de decision** : c'est un système de pilotage qui analyse l'environnement et le fonctionnement interne de l'entreprise et assure le contrôle des tâches et la régulation du système. Il est connecté à d'autres sous-systèmes par des flux d'information internes.
- **Systeme d'information** : toutes les informations de l'entreprise d'origine externes ou internes passent par le système d'information.

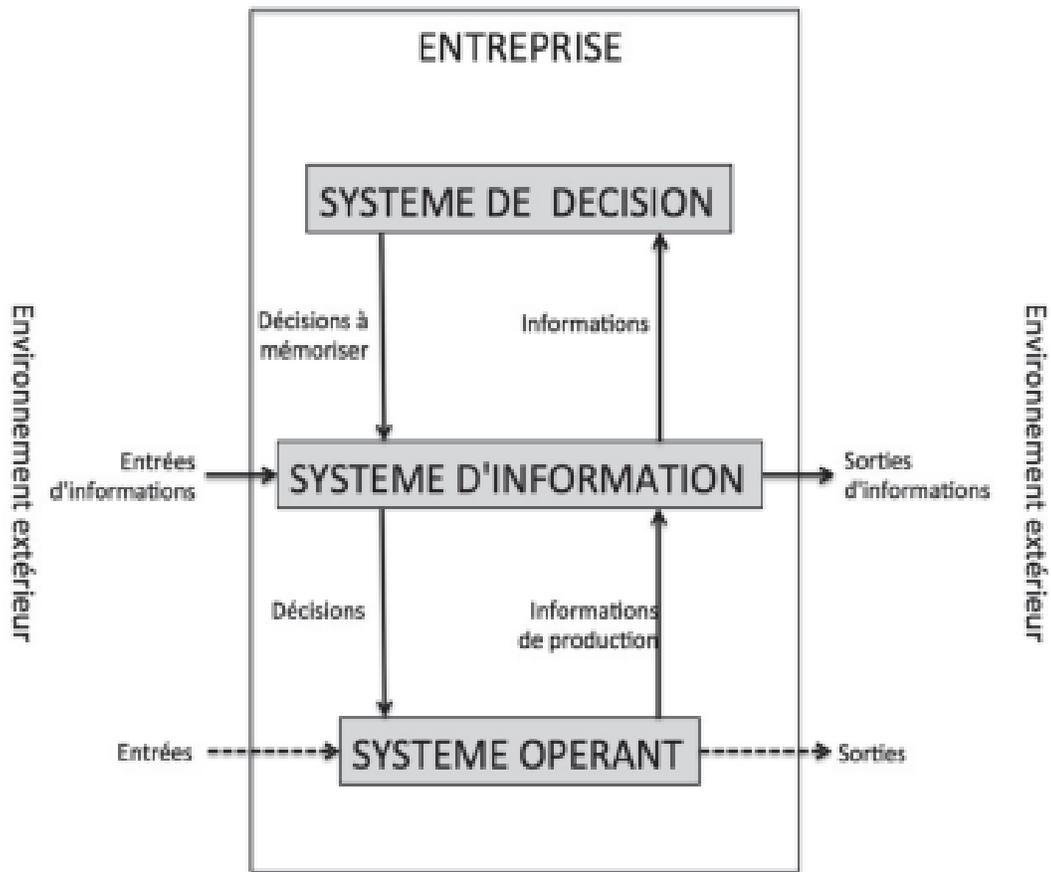


FIGURE 1.1 – Le système d'information dans l'entreprise

on distingue deux types de flux :

- **Flux physiques** : sont les flux logistiques (matières premières, produits finis...etc.) ou les flux financiers.
- **Flux d'informations** : représentent les différents échanges d'information entre l'entreprise et son environnement extérieure et intérieure.

1.1.3 Système d'information

1.1.3.1 Définition

Un système d'informations SI est un élément central d'une entreprise ou d'une organisation. C'est un ensemble de ressources organisées (matériels, logiciels, personnelles, données, procédures, etc.) qui permettent d'acquérir, de stocker, de traiter et de communiquer des informations sous toutes formes (fiscales, financières, comptables, commerciales, administratives, etc.). Il s'agit d'un système composé de deux sous-systèmes :

le sous-système social : est composé de la structure organisationnelle et les personnes liées au système d'information.

le sous-système technique : est composé des technologies (hardware, software, et équipement de télécommunication) et des processus d'affaire concernés par le SI. Sa finalité est de produire la valeur en fournissant l'information, aux membres appropriés de l'entreprise, qui :

- Aide les managers à prendre les meilleures décisions.
- Améliore le déroulement des processus, en suivant ou en coordonnant les actions mise en place.
- Aide au contrôle de l'organisation.

1.1.3.2 Les fonctions d'un système d'information

—L'acquisition de l'information : cela commence par la collecte d'informations et ensuite il est nécessaire de retenir les informations liées aux activités de l'entreprise.

Les informations sont obtenues à partir de sources externes cohérentes avec toutes les composantes de l'environnement dans lequel les informations sont générées (telles que les organisations professionnelles) et de chaque composante de l'entreprise qui produit des informations (telles que les services comptabilité).

—La mémorisation de l'information : une fois les informations sont collectées et saisies, elles doivent être stockées de manière durable, stable et sécurisée afin de pouvoir être utilisées ou pour remplir des obligations légales.

Des moyens techniques et organisationnels tels que des méthodes d'archivage, des techniques de sauvegarde, de protection contre le piratage ou des méthodes de prévention de la corruption des données sont mis en œuvre pour organiser le stockage des informations, et il est essentiel que le système d'informations sécurise ces informations.

—Le traitement de l'information : il doit pouvoir exécuter un certain nombre de processus sur les informations stockées :

- Consulter les informations : c'est le processus le plus simple car il consiste à accéder aux informations telles qu'elles ont été enregistrées.
- Organiser l'information : ce traitement consiste à structurer l'information selon des critères précis.
- Mettre à jour l'information : prendre et actualiser les informations précédemment enregis-

trées.

- Produire des nouvelles informations : en traitant les informations existantes, de nouvelles informations sont générées.
- La diffusion de l'information : les informations doivent être claires, exemptes d'erreur et prêtes à être utilisées directement par ceux qui en ont besoin.

1.2 Les types d'un système d'information

Les systèmes d'informations suivants sont triés par niveaux organisationnels, mode de traitement des données, objectifs du système et type de support fourni.

- Système de traitement des transactions (TPS) : est un système d'information qui traite les données résultantes des occurrences de transactions commerciales afin de mettre à jour les enregistrements et de générer des rapports. La transaction s'effectue de deux manières : traitement par lots et traitement en ligne.

Exemple : système de facturation, système de paie, système de contrôle des stocks.

- Système d'information de gestion (SIG) : est conçu pour prendre les données brutes disponibles via un système de traitement des transactions et les transformer en une forme agrégée sous forme de rapport, qui peut être utilisé par les cadres intermédiaires et les superviseurs opérationnels.

Exemple : systèmes de gestion des ventes, système de gestion des ressources humaines.

- Système d'aide à la décision (SAD) : est un système d'informations qui aide à collecter des informations pertinentes et à analyser les options et les alternatives à l'aide d'outils et des techniques à fin d'être exploitées par l'utilisateur.

Exemple : systèmes de planification financière, systèmes de gestion des prêts bancaires.

- Système d'experts : les systèmes experts comprennent une expertise, une base de connaissances et les modules logiciels pour aider les gestionnaires à diagnostiquer ou à résoudre des problèmes. Ces systèmes sont basés sur les principes de la recherche en intelligence artificielle.

1.2.0.1 Le rôle d'un système d'information

Un système d'information joue un rôle important au sein d'une entreprise, il assure le bon fonctionnement, permet d'optimiser le processus, d'améliorer la productivité et même de sous-traiter des tâches à faible valeur ajoutée. Le rôle du système d'information est détaillé ci-après :

- La décision : le système d'information facilite la prise de décision par la mise à disposition des éléments nécessaires et permet d'étudier les conséquences prévisibles de cette dernière.
- Contrôle : l'une des fonctions d'un système d'information est le stockage d'informations qui permet de contrôler l'évolution de l'organisation par rapport à la situation antérieure afin de détecter des situations anormales.
- La coordination : pour le bon déroulement des différentes actions des sous-systèmes de l'entreprise il doit y avoir une coordination, c'est ce que le système fournit par le traitement de l'information.

1.3 Systèmes de gestion intégrés

1.3.1 L'appellation ERP

Nom anglais "ERP" (Entreprise Resource Planning) utilisée par le Gartner Group au début des années 1990. Cette appellation dérive de l'appellation MRP II (Manufacturing Resources Planning) le mot « manufacturing » a été remplacé par le mot entreprise pour indiquer que le système s'étend sur l'organisation dans son ensemble et que son utilisation s'applique à des contextes autres que manufacturier. Parmi la terminologie française, il existe d'autres appellations : progiciel intégré, progiciel de gestion, progiciel intégré de gestion, progiciel de gestion intégré (PGI), système de gestion intégré (SGI)...

1.3.2 Définition

ERP ou PGI, Permet une gestion efficace de toutes les opérations dans le cadre d'un système intégré.

C'est l'outil principal du système d'information de l'entreprise. Il fait partie du logiciel qui permet de gérer l'ensemble des opérations de l'entreprise, en intégrant toutes ses fonctions, comme

la gestion des ressources humaines, la gestion comptable et financière, l'aide à la décision, ainsi que la vente, la distribution, l'approvisionnement et l'e-commerce, autour du système d'information.

Le système ERP utilise systématiquement un moteur de workflow, qui permet de répartir les données contenues dans le SI, dans tous les modules requis du système, selon un programme prédéterminé. Il est également considéré comme un ensemble de modules applicatifs, généralement signés par le même éditeur et fonctionnant en mode natif sur une seule base de données, au sens logique du terme.

Pour être qualifiée de « progiciel de gestion intégrée », une solution logicielle ERP doit couvrir au moins deux principes de base :

Créer des applications informatiques comme des unités indépendantes mais entièrement liées dans une base de données connue.

L'utilisation du moteur de workflow permet de définir l'ensemble des tâches d'un processus et de gérer leur exécution dans toutes les unités du système qui les contient.

Ces progiciels sont actuellement offerts aux PME manufacturières par des compagnies telles que SAP, Peoplesoft, Baan, J.D. Edwards, Oracle... etc.

1.3.3 L'évolution des systèmes de gestion intégrés

– 1950-1960 : développement du premier modèle pour la fabrication MRP (Materials Requirements Planning). Il prend en charge la planification des achats et le processus de production. Mais il est difficile à gérer et cher pour l'entretien.

– Milieu des années 1980 : l'amélioration des MRP qui deviennent MRP II, permet l'intégration de la comptabilité, la finance, les ventes, les achats et la gestion des stocks, mais aussi la planification et l'ordonnancement de la production, offrant aux fabricants un système intégré.

– Vers la fin des années 1990 : l'ERP a été lancé. Le secteur technologique a été transformé en adressant l'ERP à un plus grand nombre d'industries en combinant MRP II, et les ressources humaines, la comptabilité de projet et le reporting axé sur l'utilisateur final.

– Avec le début du XXI e siècle : l'émergence d'un internet plus rapide et de nouveaux outils de développement a conduit au développement de logiciels ERP basé sur un navigateur a ouvert la voie à ERP Cloud, qui a élargi la gamme et les fonctionnalités des solutions ERP.

– Aujourd’hui à l’époque de la transformation numérique, les systèmes ERP modernes tirent de plus en plus parti des nouvelles technologies intelligentes tels que l’intelligence artificielle(IA) et l’internet des objets(IOT) etc. Ils permettent aux entreprises de mener des opérations plus efficaces et de tirer parti des dernières informations provenant à la fois des données transactionnelles et non structurées.

1.3.4 Types de logiciel ERP

–ERP généralistes : ces logiciels sont uniques non personnalisables. Proposent des fonctionnalités de base, ils répondent à l’ensemble des besoins d’une entreprise et peut-être implémentés sur une large majorité des secteurs d’activité. La couverture fonctionnelle d’un ERP généraliste permet de répondre selon les normes à toutes les activités de la structure de l’entreprise : finance/comptabilité, achats, gestion commerciale, production, etc. Des compétences de paramétrage ou des développements assimilés spécifiques font de ce type d’ERP, la solution généralement préconisée dans le cas d’une couverture globale de l’ensemble des opérations d’une organisation.

–ERP spécialisés : un ERP spécialisé est destiné à un secteur d’activité précis : BTP, agro-alimentaire, aéronautique, services à la personne, etc. Il répond pleinement aux normes ou réglementations exigées par le secteur, intégrant parfois une gestion simplifiée, particulièrement pour la partie comptable ou commerciale. Pour cette solution, des modules métiers ont été ajoutés pour répondre aux indigences d’un secteur d’activité spécifique.

–ERP open source : sont des logiciels libres qui ne nécessitent pas de licence, est moins cher, mais à peu de services associés, bien adapté aux besoins des PME, mais nécessitent de bonnes connaissances en informatique. Le logiciel open source est accessible au public, ce qui permet de modifier le "squelette" d’un système ERP. Chacun peut lire le code, l’utiliser, le modifier, le copier, voire redistribuer le logiciel en question. Cela permet de connaître la recette de modèle open source et donne aux clients et à tous les intégrateurs une certaine autonomie en termes de technologie, une plus grande transparence et une pérennité de l’ERP.

–ERP en mode SaaS : Solutions SaaS - Software as a Service. En fait, les solutions SaaS ne sont pas seulement situées sur les serveurs du fournisseur de services, mais fournissent également des mises à jour régulières multi-locataires. L’entreprise utilise une solution en ligne. Littéralement, la solution se loue pour un abonnement mensuel. Le service d’infrastructure par abonnement permet

au client de se passer de la gestion du programme, aux frais de l'éditeur. Ce type de solution ne nécessite aucune mise à jour payante de votre part, ni aucune installation dans votre entreprise. Tous vos collaborateurs pourront y accéder via des identifiants, depuis n'importe quel terminal : Smart phone, tablette, PC ou Mac. Une solution simple et rapide qui permet de visualiser la montée du travail à différents niveaux.

1.3.5 Les caractéristiques d'un ERP

L'intégration : l'intégration est la mise en relation simultanée des informations et des opérations de l'ensemble de l'organisation afin que les systèmes ERP relient toutes (ou plusieurs) les fonctions et unités opérationnelles de l'entreprise.

L'adaptabilité (flexibilité) : un système ERP doit être flexible pour répondre aux besoins changeants de l'entreprise au fil du temps.

La modularité et l'ouverture : un système ERP doit avoir une architecture ouverte, c'est-à-dire que chacun de ses composants peut être lié ou séparé en cas de besoin sans affecter les autres modules ; Il devrait être capable de supporter différentes plates-formes informatiques et des ajouts ultérieurs.

La complétude (exhaustivité) : un système ERP doit prendre en charge une variété de fonctions organisationnelles et être compatible avec une variété d'organisations.

Le caractère extra-organisationnel (beyond the company) : un système ERP ne doit pas se limiter à l'intérieur de l'organisation, mais doit permettre une communication en ligne avec d'autres entités extérieures à l'organisation.

L'homogénéisation : l'ERP assure la cohérence interne à travers le référentiel unique de données, l'uniformisation des interfaces hommes-machines et l'unicité d'administration du système.

Les pratiques exemplaires (best business practices) : les ERP sont construits afin de supporter

les processus d'affaires génériques, mais sont élaborés à partir de modèles de processus d'affaires exemplaires (best practices).

La simulation de la réalité : il doit permettre de simuler la réalité des processus d'affaires sur ordinateurs.

L'instantanéité : mise à jour et consultation en temps réel.

La transversalité : l'orientation processus est une caractéristique importante des ERP qui leur permet d'éliminer dans le processus des opérations qui n'apportent aucune valeur ajoutée à l'output en interne et en externe.

1.3.6 Les Avantages des ERP/PGI

La cohérence et l'homogénéisation des données :

Grâce au système d'informations intégré et centralisé, les risques de redondance et d'erreurs sont significativement réduits. Et que l'ERP conserve les données de manière uniforme et cohérente pour gagner le plus de temps possible et faciliter le processus. Cette base garantit :

1. Unicité de toutes les données de l'entreprise.
2. Mise à jour en temps réel.
3. Fournir et échanger des informations entre toutes les unités et donc les utilisateurs.
4. Coordination entre les différents départements de l'entreprise.

Ce système évite :

- Abondance d'informations.
- Erreurs de saisie.
- Récupération d'erreur.

L'intégrité et l'unicité du système d'information :

En fait, tout est accessible d'un simple clic et tout ce que l'on cherche se retrouve efficacement en quelques secondes. Par conséquent, l'ERP aide à rassembler des informations dans un système

intégré qui réduit le nombre d'erreurs et facilite également la communication avec les clients et les autres collègues. Il est facile de trouver les bonnes données dans tous les fichiers avec des informations au même endroit, de partager des analyses pertinentes, de créer des rapports en collaboration avec d'autres membres de l'équipe et même de répondre rapidement aux questions des services d'urgence d'un client. Toutes les solutions sont divisées en plusieurs modules tous liés à une seule base de données. Afin de centraliser et d'unifier l'ensemble du système d'information de l'entreprise.

Gain de productivité :

Cela signifie que l'ERP est un véritable allié de productivité grâce à sa base de données centrale, mais apporte plus de soutien dans le travail quotidien :

- Automatisation de certaines tâches redondantes (facturation, ventes, rapports, etc.).
- Un environnement propice à la coopération.
- Vision globale des opérations.
- Automatisation de l'inventaire et de l'approvisionnement.
- Analyser les meilleures pratiques en utilisant les informations des rapports d'activité.
- Service client plus rapide.

L'automatisation des tâches et l'unicité des bases de données libèrent les collaborateurs. Un gain de temps et une expérience utilisateur positive (renforcé par l'intelligence artificielle et l'émergence des chatbots)

Optimisation des processus et une meilleure organisation :

La planification des ressources d'entreprise (ERP) couvre tous les principaux départements d'une entreprise. Il assure une meilleure communication et moins d'erreurs d'organisation qui ont un impact sur les finances, la rentabilité et la compétitivité. Un système de planification des ressources d'entreprise (ERP) permet une coordination interdépartementale, un meilleur contrôle du processus de commande et un meilleur contrôle des stocks. Ainsi, les commandes et les factures sont envoyées à temps pour éviter tout retard de livraison ou de paiement.

Un gain de temps et d'argent avec l'ERP :

La mise en place du projet ERP est également bénéfique pour la compétitivité de l'entreprise car elle permet un gain de temps en réduisant les décalages et en diminuant les erreurs dans la livraison

des informations, l'interconnexion entre les services, elle entraîne également une augmentation du volume d'affaires lié par une meilleure gestion CRM g, augmentation des ventes et de la motivation des employés, ainsi qu'une meilleure gestion des stocks.

1.3.7 Les inconvénients des ERP/PGI

Intégration coûteuse :

Coûts de déploiement ERP uniques par projet de 5 000 € à 12 000 € par utilisateur (matériel + licences + intégration + formation + maintenance). Ils dépendent du choix de la solution et de la technologie.

Une certaine dépendance à l'éditeur :

La durée de vie estimée d'un logiciel ERP est de 8 à 10 ans. Par conséquent, il est nécessaire de prendre le temps de choisir la meilleure solution et l'éditeur approprié pour le travail souhaité. Changer de programme après quelques années impliquera de nouveaux investissements tout aussi importants.

L'ERP prend du temps :

L'ERP est un grand projet et une mise en œuvre complexe. Cela demande de l'organisation et de la rigueur. De l'audit au déploiement, le système ERP sollicite de nombreux interlocuteurs : équipes internes, intégrateurs, éditeurs, consultants... La solution choisie et les fonctions choisies doivent être idéalement adaptées à la taille de l'entreprise dans l'espoir d'obtenir des résultats rapides et tangibles.

L'ERP mobilise des compétences :

Les logiciels de planification des ressources d'entreprise (ERP) sont des systèmes complexes. Il y a des difficultés de personnalisation par les employés de l'entreprise concernant les changements. Pour intégrer une solution, il faut constituer une équipe projet rassemblant les compétences nécessaires, qu'elles soient techniques ou commerciales. Tout le monde n'a pas les compétences et l'expérience nécessaires pour ce type de projet, donc à moins que le développement ne soit fait en interne avec des moyens importants, il convient également de contacter un intégrateur reconnu pour mettre en place l'outil.

1.3.8 État du marché

1.3.8.1 Les acteurs principaux du marché actuel

SAP	40%
PeopleSoft	11%
Oracle	9%
Intentia Consulting	7%
JD Edwards	5%
Adonix	4%
Generix	2%
Autres	21%

TABLE 1.1 – La part de marché des éditeurs d’ERP en France en 2005

— SAP ERP :

SAP C’est un logiciel de planification des ressources d’entreprise sur un ordinateur local développé par la société allemande SAP SE.

Il a été fondé par cinq anciens employés d’IBM pour développer un logiciel d’application commerciale ERP standard, pour traiter les informations commerciales en temps réel. SAP est utilisé par de 12000 des utilisateurs à travers le monde, ce succès s’explique par les connaissances techniques acquises, le SAP optimise et synchronise le flux de l’information de l’entreprise à tous les niveaux.

Société mère	SAP SE
Siège social	Walldorf, Baden-Württemberg, Allemagne
Fondée en	1972
Nombre d’employés	100 000

TABLE 1.2 – SAP ERP en bref

— Odoo :

Anciennement OpenERP S.A, est une suite d’outils logiciels de gestion d’entreprise, similaire à de nombreux projets open source où des programmes personnalisés, et d’autres services sont fournis par une communauté mondiale active et un réseau de partenaires. Le logiciel est sous licence AGPL et est utilisé par plus de 2 millions d’utilisateurs à travers le monde, sa particularité est d’être proposé sous forme de web service, accessible tant depuis un PC de bureau que depuis une tablette personnelle ou un Smartphone.

Société mère	ND
Siège social	Louvain-la-Neuve, Belgique
Fondée en	2005
Nombre d'employés	>1400 (Linkedin)
Montant total du financement	104,1 millions de dollars
Tours de financement	3 tours

TABLE 1.3 – Odoo en bref

— Microsoft Dynamics 365 :

Microsoft Dynamics fait partie des solutions Microsoft Business, il est conçu pour les entreprises de taille moyenne. Ce sont des applications de planification logicielles (ERP) et CRM. Le produit Microsoft, s'intègre à d'autres logiciels Microsoft, y compris Outlook.

Société mère	Microsoft
Siège social	Seattle, États-Unis
Fondée en	2007
Nombre d'employés	20 000+

TABLE 1.4 – Microsoft Dynamics 365 en bref

1.3.9 La mise en place d'un ERP

1.3.9.1 Les différents intervenants

- Les éditeurs : ils créent les progiciels et assurent leur maintenance.
- Les intégrateurs : relient entre l'éditeur et l'entreprise. Ils forment les utilisateurs, publient des progiciels et développent des modules spécifiques.
- Les experts conseils : ils sont le lien entre l'intégrateur et l'entreprise. Ils étudient les besoins de l'entreprise, recherchent des progiciels adaptés à la demande de cette entreprise ainsi que des éléments d'intégration.

1.3.9.2 Les démarches préalables

L'intégration d'un progiciel de gestion doit appliquer la bonne méthode du projet ERP adaptée à l'entreprise et suivre un certain nombre d'étapes si l'on veut un résultat optimal. Par contre, une mauvaise gestion, un manque de compétence ou une organisation inadaptée peuvent causer des pertes importantes. Découvrez notre synthèse des étapes de mise en place d'un logiciel ERP.

- Prise en compte des modifications internes à l'entreprise :

La mise en place d'un nouveau système de gestion informatisé entraîne des changements dans l'organisation du travail des employés. Il est donc nécessaire de redéfinir leurs rôles respectifs qui doivent être considérés conformément aux nouvelles exigences. Les étapes nécessaires à la bonne implémentation de l'ERP consistent à :

- informer tout le personnel sur leur nouveau rôle, les enjeux de cet ERP et leur planning.
- sensibiliser les futurs utilisateurs (définition d'équipes avec chefs de projet, prise en compte de leurs besoins, communiquer les avancements de la mise en place de l'ERP).

- Définition de cahier des charges :

Élaborer un cahier des charges précis qui contiennent les besoins détaillés de l'entreprise, ces besoins sont classés selon leur degré d'importance. Des dates de début des travaux et de démarrage réel de la solution, ainsi que certaines contraintes (environnement, ordinateurs spécifiques, etc.) peuvent être spécifiées.

C'est une base de travail qui permettra aux intégrateurs de vérifier l'équivalence de leurs solutions par rapport aux objectifs annoncés.

- Sélection d'un progiciel :

Il est primordial de sélectionner un système ERP adapté aux moyens de l'entreprise (taille, budget), et il est important de considérer la notoriété, la solidité et le nombre de licences déjà commercialisées de chaque éditeur pour ne pas se retrouver avec des solutions trop complexes et inadaptées et qui remettraient en cause la pérennité de l'entreprise.

- Sélection des intégrateurs :

Il est important de déterminer la solution obtenue par rapport à ses obligations et domaines de travail ainsi que d'organiser le déploiement du système (calendrier, réunions, suivi d'avancement, limitations adaptatives, etc.). La disponibilité et la proximité géographique de l'entreprise sont également prises en considération, notamment en termes de réactivité et de coût. De plus, le partenariat avec le fabricant de matériel ou de réseau, avec l'éditeur du système d'exploitation (Windows, Linux...), le prestataire (France Télécom...) est un gage supplémentaire de qualité ainsi que de maîtrise de la technologie à utiliser. Les qualités relationnelles sont essentielles à l'acceptation interne du projet, et donc largement une condition de réussite du projet. Avant de passer au mode devis, il convient de vérifier l'adéquation de la solution au budget prévu (réaliste). En effet, il n'est pas conseillé de

laisser un budget trop bas pour ne pas proposer une solution moins performante et donc une moins bonne qualité de service.

— Le devis :

L'analyse doit se concentrer sur l'aspect financier et sur des critères de qualité, de réactivité, de fonctionnalité et d'adaptabilité. Il est conseillé de clarifier certaines des rubriques de devis qui pourraient générer des coûts supplémentaires à l'avenir :

- Coût des journées de prestations.
- Mobilisation du personnel interne.
- Aides financières possibles (budget formation, aides européennes...).

Par conséquent, avant de signer un contrat, les points ci-dessus doivent être vérifiés et il est fortement recommandé de visiter des sites Web pour se familiariser avec l'expérience des autres utilisateurs.

— Le contrat :

La dernière étape avant le déploiement du système est le contrat entre l'intégrateur et l'entreprise, l'intégrateur n'a qu'une obligation de moyen et non de résultats. Il est recommandé de faire appel à un juriste spécialisé dans ce type de contrat et de prendre certaines précautions concernant le respect selon un échéancier (pénalité de retard...) ou le coût d'éventuelles modifications.

1.3.9.3 Le déploiement d'un ERP

Le déploiement d'un ERP est une étape importante et doit être considérée par toute l'équipe comme un projet d'entreprise segmenté en plusieurs phases.

Les différentes phases de déploiement d'un ERP :

—L'analyse préalable (Analyse préliminaire) :

L'intégrateur doit s'assurer que les besoins et les capacités sont clairement compris. L'ERP choisi peut fournir des fonctions moins précises qui ne répondent pas aux besoins spécifiques de l'entreprise. Ceci est normal étant donné qu'initialement, l'intégrateur n'a qu'une spécification qui ne peut pas prédire tous les cas avec suffisamment de précision. Il convient donc de prendre conscience de cette incohérence le plus tôt possible afin d'éviter de remettre en cause le système à

un stade très avancé du projet.

Cette étude permet donc d'identifier les changements organisationnels de l'entreprise et une bonne compréhension conjointe.

–Le maquettage (la modélisation) :

Il consiste à effectuer une brève configuration qui permet à l'utilisateur de vérifier que le progiciel peut répondre à ses besoins sans s'engager dans des réglages finaux longs et compliqués. Cela permet de construire des scénarios complets pour chaque étape du processus et de les valider au fur et à mesure ou de les maîtriser. Le planning peut alors être ajusté à ce stade en fonction des accros confrontés.

–Le prototypage :

Lorsque la modélisation est terminée et validée, la phase de prototypage débute avec la configuration réelle et définitive de l'ERP. Les équipes internes et externes peuvent alors tester les fonctionnalités du progiciel en conditions réelles. La phase de validation et de vérification des données est nécessaire avant le début de la formation des utilisateurs. En effet, le système doit être stable et les données doivent être exactes pour donner confiance aux utilisateurs. D'autre part, les données peuvent être restaurées à partir de l'ancien système. Si les étapes précédentes sont réalisées dans de bonnes conditions, l'utilisateur peut être formé.

–Le démarrage :

L'encadrement des utilisateurs diminue graduellement en fonction de l'intérêt du projet et du sens d'intégration des usagers....

1.4 Conclusion

Les outils ERP peuvent créer une seule base de données partagée qui contient l'ensemble du système d'information d'une entreprise. Tous les employés y ont accès, ce qui permet une meilleure diffusion de l'information.

Chapitre 2

SysML (System Modeling Language)

2.1 Introduction

Ce chapitre introduit le langage de modélisation SysML, nous commençons par une définition de ce langage, nous établissons ensuite un historique, nous mettons en évidence les avantages, et bien sûr les apports de SysML par rapport à UML avec une comparaison des diagrammes des deux langages et à la fin une présentation des diagrammes SysML.

2.2 L'ingénierie des systèmes et la modélisation

L'ingénierie des systèmes (SE), est une approche interdisciplinaire qui contient un effort technique complet pour développer et valider un ensemble intégré de solutions systèmes axées sur le cycle de vie, pour les personnes, les produits et les processus qui répondent aux besoins des clients. Le défi de l'ingénierie des systèmes est de construire des produits et des systèmes qui répondent aux attentes des clients à un bon coût. Il s'agit d'une approche systématique pour résoudre des problèmes complexes en créant des solutions logicielles et matérielles. L'ingénierie des systèmes cible de nombreuses industries telles que l'automobile, la sécurité numérique, les chemins de fer, l'aviation, l'aérospatiale, le militaire, les télécommunications, la médecine, la production d'électricité...etc. Les méthodes d'ingénierie des systèmes (SE) s'appuient sur des approches de modélisation et de simulation pour valider les exigences ou pour évaluer un système. L'émergence d'UML dans les logiciels et les efforts de l'industrie pour développer des outils d'accompagnement ont naturellement conduit à envisager son utilisation dans l'ingénierie des systèmes. Cependant,

du fait de sa conception fortement guidée par les besoins du passage à la programmation orientée objet, le langage était du moins dans ses premières versions, totalement inadapté à la modélisation de systèmes complexes et donc au support de l'architecture système (SI).

La nécessité de définir un langage basé sur UML pour le SI a été initiée en 2001 par l'organisme international d'ingénierie système INCOSE, qui a contacté l'OMG, l'organisme responsable d'UML. Depuis, de nombreux membres de l'industrie (BAE, Motorola, Boeing...), des éditeurs d'outils (IBM, Sparx Systems...) et des universités et institutions ont travaillé pour définir SysML ou Systems Modeling Language.

L'ingénierie des systèmes basés sur des modèles (MBSE), est une méthode d'ingénierie des systèmes qui se concentre sur la construction et l'exploitation de modèles de domaine comme principal moyen d'échange d'informations entre ingénieurs, plutôt que sur l'échange d'informations basé sur des documents. C'est la pratique consistant à développer un ensemble de modèles de système connexe qui aident à définir, concevoir et documenter un système en cours de développement. Ces modèles offrent un moyen efficace d'explorer, de mettre à jour et de communiquer les aspects du système aux parties prenantes, tout en réduisant considérablement ou en éliminant la dépendance aux documents traditionnels. En pratique, les ingénieurs utilisent des modèles pour acquérir des connaissances (par exemple les performances) et pour diriger la mise en œuvre du système (par exemple, SysML, UML).

Après une décennie d'expérience pratique dans l'application de SysML à des problèmes d'ingénierie de systèmes complexes, SysML s'est imposé comme le choix de facto du langage basé sur des modèles pour les projets MBSE.

2.3 Définition

SysML est un langage de modélisation graphique polyvalente à usage général utilisé pour analyser, concevoir, valider et vérifier des systèmes complexes. Ces systèmes peuvent comprendre du matériel, des logiciels, des données, du personnel, des procédures, des installations et d'autres éléments de systèmes naturels et artificiels. Le langage est destiné à aider à définir et à architecturer des systèmes et à spécifier ses composants qui peuvent ensuite être conçus à l'aide d'autres langages, comme UML pour la conception de logiciels et VHDL pour la conception de matériel.

SysML peut représenter des systèmes, des composants et d'autres entités comme suit :

- Composition structurelle, interconnexion et classification.
- Comportement basé sur les fonctions, les messages et les états.
- Contraintes sur les propriétés physiques et de performance.
- Les affectations entre le comportement, la structure et les contraintes (par exemple, les fonctions affectées aux composants).
- Les exigences et leurs relations avec les autres exigences, les éléments de conception, et les cas de test.

2.4 Historique

Les origines de l'initiative SysML remontent à une décision stratégique émise en janvier 2001 par International Council on Systems Engineering (INCOSE) Model Based Systems Design Task Force, afin d'adapter le langage de modélisation unifié (UML) aux applications d'ingénierie des systèmes. Cela a abouti à un effort de collaboration entre INCOSE et l'Object Management Group (OMG), qui gère la spécification UML, pour créer l'OMG Systems Engineering Field Special Interest Group (SE DSIG) en juillet 2001. SE DSIG, soutenu par INCOSE et l'ISO Le groupe de travail AP 233 a développé les exigences du langage de modélisation, qui a ensuite été publié par OMG dans le cadre d'un appel d'offres pour l'ingénierie des systèmes UML (UML pour SE RFP ; OMG documenté/2003-03-41) en mars 2003.

Le SysML a été créé par SysML Partners, une association informelle d'experts en ingénierie des systèmes et en outils de modélisation logicielle, organisée par Cris Kobrlectyn en 2003 pour que le langage crée des modèles standardisés (UML 2) qui peut être utilisé pour des applications d'ingénierie système. Alors que Cris faisait d'UML 1.x et d'UML 2.0 un succès, David Oliver et Sanford Friedenthal d'INCOSE lui ont demandé de diriger leur effort conjoint pour répondre à l'appel d'offres UML pour l'ingénierie des systèmes lancé par l'Object Management Group en mars 2003. En tant que président de SysML Partners, Kobrlectyn a inventé le nom du langage "SysML" (abréviation de "Systems Modeling Language"), a conçu le logo SysML original et a organisé l'équipe de conception du langage SysML en tant que projet de spécification open source.

2.5 Les avantages du SysML

Les avantages d'une modélisation SysML sont :

- Partager une spécification système complexe entre tous les métiers.
- Identifier les risques et créer une base d'analyse commune pour tous les acteurs du projet.
- Faciliter la gestion des projets complexes, l'évolutivité et la maintenabilité de systèmes complexes.
- Documenter les connaissances de tous les métiers du projet et en tirer profit.
- Disposer d'un langage unifié pour la communauté des ingénieurs-systèmes a l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise.
- Assister à la construction de structures normatives (innovation).
- Permettre l'analyse des besoins et la construction formelle des structures fonctionnel et physique (technologique).

2.6 Apports de SysML par rapport à l'UML

L'UML s'est imposé comme un langage de modélisation dans le domaine du développement logiciel. C'est une norme internationale spécifiée par l'OMG, il est également accepté en tant que norme ISO (ISO/IEC 19501). Malgré un certain nombre d'initiatives visant à normaliser les processus de l'ingénierie des systèmes (par exemple, le processus ISO/IEC 15288, EIA-632), aucun langage de modélisation uniforme n'avait vu le jour. Cela avait entraîné des pertes de friction considérables dans les projets interdisciplinaires. Les informations sous forme de modèles sont difficiles à communiquer, ce qui entraîne des malentendus et un besoin immédiat d'outils différents. En 2001, l'INCOSE a décidé de faire d'UML un langage standard pour l'ingénierie des systèmes. UML répond essentiellement aux exigences, il est largement utilisé, il peut être adapté à des besoins spécifiques, et il existe un grand nombre d'outils de modélisation ainsi que des fournisseurs de conseils et de séminaires. Grâce au mécanisme d'extension (stéréotypes), un nouveau vocabulaire de modélisation peut être défini, de sorte qu'UML peut être adapté à des domaines et disciplines spécifiques. Avec la version 2.0 d'UML, l'éventail des applications a encore augmenté par rapport à UML 1.

SysML est une extension d'UML, ils partagent de nombreuses similitudes. Mais SysML, spécia-

lisé dans la modélisation des systèmes, propose aux ingénieurs du système plusieurs améliorations notables à UML, qui se concentre davantage sur les logiciels :

- SysML réduit certaines restrictions centrées sur le logiciel dans UML. Cela signifie que vos diagrammes SysML sont plus flexibles et expressifs que ceux d'UML. IL ajoute deux nouveaux types de diagrammes : le diagramme des exigences (requirements) peut être utilisé pour la gestion des exigences, alors que le diagramme paramétrique peut être utilisé pour l'analyse des performances et l'analyse quantitative. Grâce à ces améliorations, SysML est capable de modéliser une large gamme de systèmes, incluant tant du matériel, que du logiciel, de l'information, des processus, du personnel, ou des équipements (au sens large).
- SysML est un langage plus petit qu'UML, ce qui le rend plus facile à apprendre et à utiliser. SysML supprime un grand nombre de constructions logicielles d'UML qui sont associés à sa vue centrée sur le logiciel. Le groupe de langage SysML est plus petit, en termes de nombre de types de schéma et de nombre de concepts globaux.
- SysML gère mieux les symboles tabulaires. Fournis des calendriers de tâches flexibles qui prennent en charge l'affectation des exigences, l'affectation des tâches et l'affectation structurelle, facilitant l'automatisation du processus de validation .
- SysML peut modéliser un plus large éventail de systèmes, alors qu'UML est conçu uniquement pour le développement de logiciels.
- Les concepts SysML étendent les capacités d'UML et sont architecturalement conformes à la norme IEEE-Std-1471-2000 (IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software Intensive Systems).

2.6.1 Comparaison entre les diagrammes UML et SysML

SysML est un métafichier (profil) (c'est-à-dire un ensemble de "stéréotypes" qui définit un nouveau langage) qui définit une extension. Certains diagrammes UML ont été conservés et d'autres ont été ajoutés pour permettre la modélisation du système. Il est maintenant en version 1.4. Dans SysML, il existe des classes UML descriptives prises telles quelles et d'autres étendues avec des modules. Par exemple, tout comme la méta-classe couramment utilisée dans les diagrammes de classes UML est "classe", la méta-classe couramment utilisée dans les diagrammes de blocs est "bloc", qui est une extension de "classe". Comme montré dans le tableau suivant.

SysML	Description	UML
Diagramme de cas d'utilisation	Similaires en UML et SysML, ils représentent les fonctions que le système doit offrir. Un cas d'utilisation est une unité fonctionnelle utilisée pour décrire et prendre en charge un système.	Diagramme de cas d'utilisation
Diagramme de séquence	Même chose en UML et SysML, le diagramme de séquence dessine la chronologie des interactions entre les éléments du système ou entre le système et l'extérieur.	Diagramme de séquence
Diagramme d'activité	Même utilisation en UML et SysML. Le diagramme d'activité conçoit les flux d'informations et les flux d'activité du système	Diagramme d'activité
Diagramme de la machine à états	Identiques en UML et SysML, ils représentent les différents états que peut prendre un objet ou un processus ainsi que leurs réactions à des événements extérieurs.	Diagramme de la machine à états
Block Definition diagram	Le diagramme de blocs dans SysML est similaire au diagramme de classes dans UML. Donne une représentation cohérente des entités système, de leurs propriétés, et opérations	Diagramme de classes
Internal Block diagram	SysML donne au diagramme de blocs Internet et au diagramme UML composite une représentation "boîte blanche" qui capture le chevauchement et l'interconnexion des parties par ports.	Diagramme de la structure composite
Package diagram	Le diagramme du package montre l'organisation générale du modèle en UML et en SysML. Dans SysML, il est également utilisé pour donner différentes vues du système.	Package diagram
Parametric diagram	Un nouveau diagramme pour SysML, il modélise les paramètres physiques du système. Il est utilisé pour tester les performances physiques et quantitatives du système.	N'existe pas
Requirement diagram	Le diagramme de spécification est spécifique à SysML et aide à collecter et à organiser toutes les exigences de script pour le système.	N'existe pas
Tableaux d'allocation	Nouveau dans SysML. Les tableaux d'allocation (allocation) sont de simples tableaux plutôt que des graphiques qui résument les spécifications afin de faciliter le suivi du projet.	N'existe pas

TABLE 2.1 – Comparaison entre les diagrammes UML et SysML

2.7 Architecture du langage

2.7.1 Principes de conception

Les principes de conception fondamentaux de SysML sont :

- Orienté vers les exigences : SysML vise à répondre aux exigences UML du SE RFP.
- Réutilisation de l'UML : SysML réutilise UML chaque fois que possible pour répondre aux exigences de l'appel d'offres, et lorsque des modifications sont nécessaires faites de manière à minimiser les modifications apportées au langage de base. Par conséquent, SysML est censé être relativement facile à mettre en œuvre pour les fournisseurs qui prennent en charge UML 2.
- Extensions UML : SysML étend l'UML selon les besoins pour répondre aux exigences des offres. Le principal mécanisme d'extension est le mécanisme de méta-fichier UML 2, les "profils et bibliothèques de modèles" de cette spécification.
- Partitionnement (cloison) : le paquetage est l'unité de base du partitionnement dans cette spécification. Les packages divisent les éléments du modèle en groupes logiques qui réduisent les dépendances circulaires entre eux.
- Chevaucher (superposition) : les packages SysML sont spécifiés en tant que couche d'extension du modèle de définition UML.
- Interopérabilité : SysML hérite de l'interchangeabilité XMI d'UML. SysML est également destiné à être pris en charge par la norme d'échange de données ISO 10303-233 pour prendre en charge l'interopérabilité entre d'autres outils d'ingénierie.

2.7.2 Architecture

SysML réutilise et étend de nombreux packages UML. Comme le montre la figure 2.1, l'ensemble des méta-classes UML à réutiliser est combiné dans un seul package de méta-modèle,

UML4SysML. Certains packages UML ne sont pas réutilisés car ils ne sont pas considérés comme nécessaires pour que les applications d'ingénierie système répondent aux exigences de la norme UML4SysML.

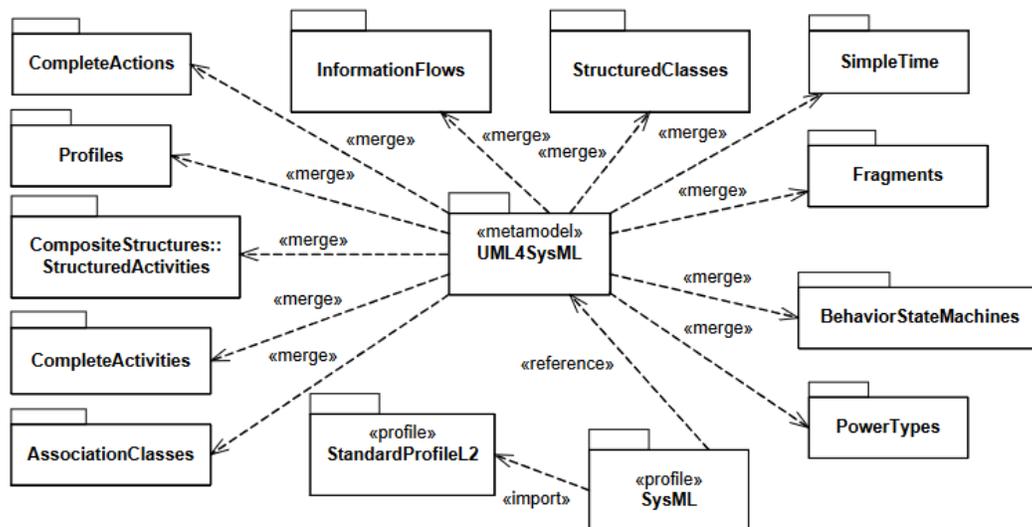


FIGURE 2.1 – L'extension SysML de UML

Le profil SysML définit les extensions UML. Fait référence au package UML4SysML, important ainsi toutes les classes descriptives dans SysML qui sont soit réutilisées telles quelles à partir d'UML, soit étendues à SysML. La sémantique du profil UML garantit que lorsqu'un modèle utilisateur applique "strictement" un profil SysML, seules les classes UML descriptives référencées par SysML sont disponibles pour l'utilisateur de ce modèle. Si le profil n'est pas "strictement" implémenté, des classes descriptives UML supplémentaires non explicitement mentionnées peuvent également être disponibles. Le profil SysML importe également le profil standard de l'UML 2 pour utiliser ses propres stéréotypes.

L'approche de conception SysML consiste à réutiliser un sous-ensemble d'UML et à créer des extensions pour prendre en charge les concepts spécifiques nécessaires pour répondre aux exigences UML RFP pour les SE. La structure de package SysML illustrée à la figure 2.2 contient un ensemble de packages qui correspondent aux domaines de concept SysML étendus. La partie réutilisable d'UML qui n'est pas étendue est incluse par référence à UML4SysML et comprend les interactions, les machines d'état, les cas d'utilisation et les définitions.

Les packages SysML étendent UML comme suit :

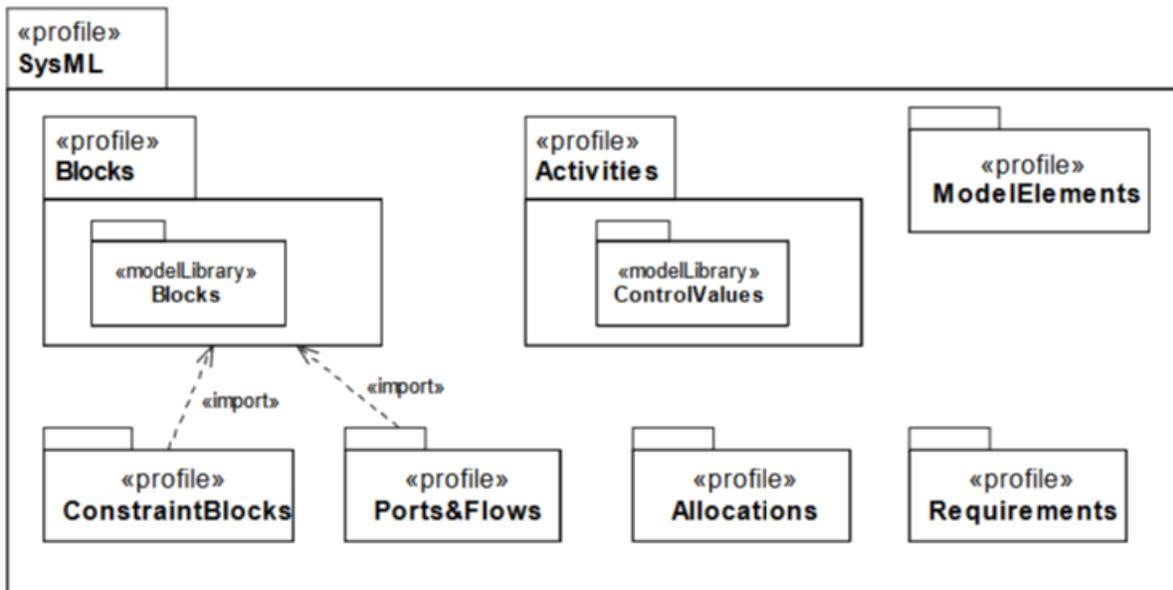


FIGURE 2.2 – Structure de package SysML

- SysML : Model Elements refactorise et étend la partie noyau UML des classes UML.
- SysML : Blocks réutilise les classes structurées des structures composites.
- SysML : ConstraintBlocks étend Blocks pour supporter la modélisation paramétrique.
- SysML : Ports and Flows étend UML : :Ports, UML : :InformationFlows et SysML : Blocks.
- SysML : Activities étend les activités UML.
- SysML : Allocations étend les dépendances UML.
- SysML : Requirements étend les classes et les dépendances UML.

2.7.3 Les mécanismes d'extension

Les modules SysML définissent de nouvelles architectures de modélisation en étendant les architectures UML 2 existantes avec de nouvelles propriétés et limitations. Les extensions de diagramme SysML définissent de nouveaux symboles de diagramme qui complètent les notations de diagramme réutilisées pour UML 2. Les bibliothèques de formulaire SysML décrivent des éléments de formulaire spécialisés qui peuvent être réutilisés. Le formulaire utilisateur SysML est créé en instanciant les classes descriptives, en appliquant les stéréotypes définis dans le métafichier SysML et en sous-classant les éléments de formulaire dans la bibliothèque SysML Forms.

Cette spécification utilise les mécanismes suivants pour définir les extensions SysML :

- Modules UML (stéréotypes).
- Extensions de diagramme UML.
- Bibliothèques de modèles.

2.7.4 Diagrammes SysML

SysML s'articule autour de neuf types de diagrammes, chacun d'eux étant dédié à la représentation des concepts particuliers d'un système. Ces types de diagrammes sont répartis en trois grands groupes :

- Quatre diagrammes comportementaux :
 1. Diagramme d'activité (montre l'enchaînement des actions et décisions au sein d'une activité complexe).
 2. Diagramme de séquence (Affiche la séquence verticale des messages transmis entre les blocs au sein d'une interaction).
 3. Diagramme d'états (montre les différents états et transitions possibles des blocs dynamiques).
 4. Diagramme de cas d'utilisation (démontre des interactions fonctionnelles entre les acteurs et le système étudié).
- Un diagramme traverse : le diagramme d'exigences (montre les exigences du système et leurs relations).
- Quatre diagrammes structurels :
 1. Diagramme de définition de blocs (Affiche les briques de base statiques : blocs, combinaisons, associations, attributs, opérations, généralisations, etc.).

2. Diagramme de bloc interne (montre l'organisation interne d'un élément statique complexe).
3. Diagramme paramétrique (représente les contraintes du système, les équations qui le régissent)
- .
4. Diagramme de packages (décrit l'organisation logique du modèle et les relations entre les packages).

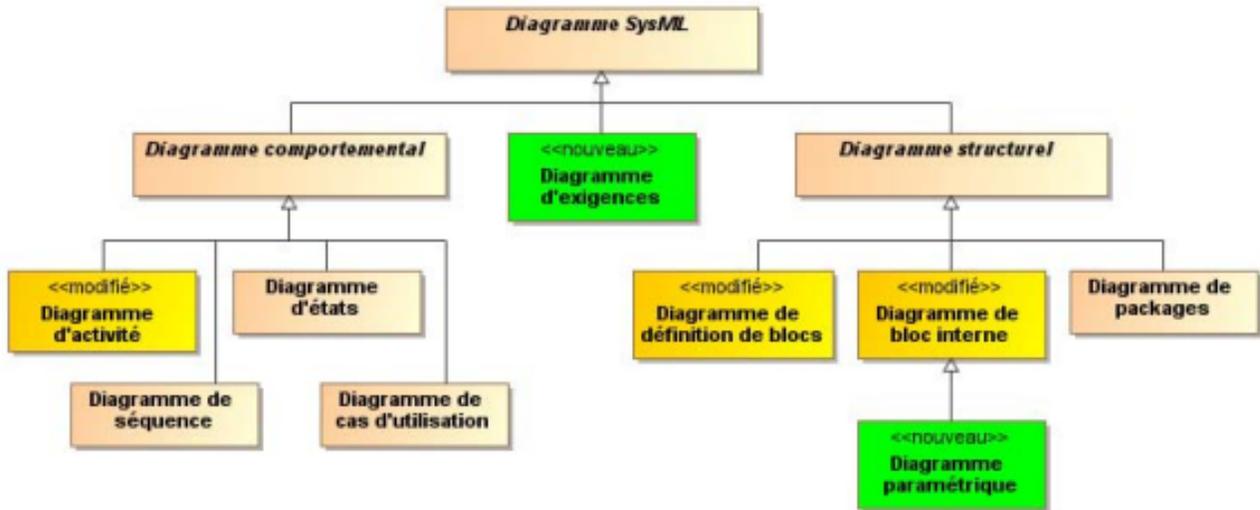


FIGURE 2.3 – Diagrammes sysml

Le diagramme de cas d'utilisation fournit une description de haut niveau des fonctionnalités du système. Le diagramme d'activité représente les flots de données et de contrôle entre les actions. Le diagramme de séquence représente les interactions entre les parties du système qui collaborent. Le diagramme de machines à états décrit les transitions entre états et les actions que le système ou ses parties réalisent en réponse aux événements. Le diagramme d'exigences capture les hiérarchies d'exigences, ainsi que leurs relations de dérivation, de satisfaction, de vérification et de raffinement. Ces relations permettent de lier les exigences entre elles, ainsi que les éléments de conception et les cas de tests.

Le diagramme paramétrique est utilisé pour représenter des contraintes sur les valeurs de paramètres système tel que performance, fiabilité, masse, etc. Il s'agit d'une spécialisation du diagramme de bloc interne où les seuls blocs utilisables sont des contraintes entre paramètres permettant de représenter graphiquement des équations et relations mathématiques. Ce nouveau diagramme fournit un support pour les études d'analyse système. SysML inclut également une

relation d'allocation pour représenter différents types d'allocation, comme celles de fonctions à des composants, de composants logiques à composants physiques, ainsi que de software à hardware.

1.Diagramme d'exigence :

Un système industriel conçu pour répondre aux besoins de l'utilisateur. Plusieurs systèmes ou produits peuvent répondre au même besoin, mais n'ont pas les mêmes capacités ou limitations. Ces dernières seront par la suite appelées exigences.

Les ingénieurs traduisent ces exigences en fixant des niveaux de performance, des conditions de fiabilité, de traçabilité, etc. Par conséquent, les exigences sont utilisées pour établir le contrat entre le client et les concepteurs du système. Le diagramme des exigences (req en anglais pour requirement), identifie, hiérarchise et documente toutes les exigences que le système doit satisfaire. L'exigence est caractérisée par un critère (grandeur physique mesurable), un niveau (valeur quantitative) et une flexibilité (écart acceptable par rapport au niveau attendu).

2.Diagramme de cas d'utilisation :

Le modèle de cas d'utilisation décrit les services offerts par le système, ainsi que les utilisateurs de ces services, en schématisant les cas d'utilisation (ovales) reliée par des associations (lignes) à leurs acteurs (une icône stick man, ou une représentation graphique équivalente). Chaque association signifie simplement "participer à".

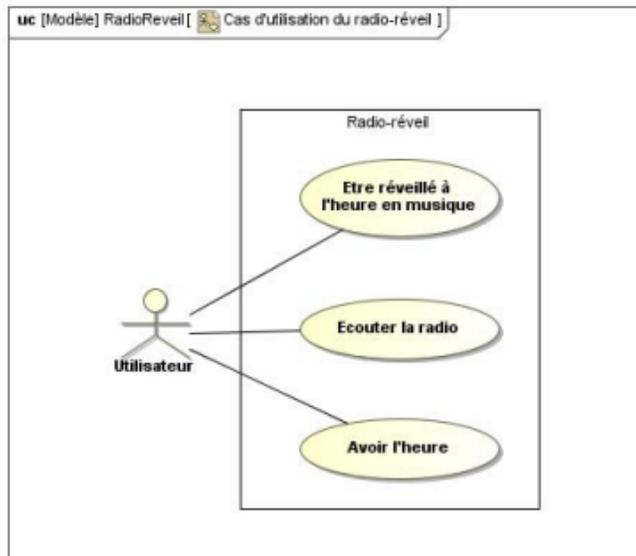


FIGURE 2.4 – Diagramme de cas d'utilisation

Acteur : un acteur est utilisé pour représenter le rôle d'un humain, d'une organisation ou de tout système externe qui participe à l'utilisation d'un système étudié. Les acteurs peuvent interagir directement avec le système ou indirectement par l'intermédiaire d'autres acteurs. La recommandation commune consiste à faire prévaloir l'utilisation de la forme graphique du stick man pour les acteurs humains et une représentation rectangulaire pour les systèmes connectés.

Pour éviter d'avoir deux acteurs principaux connectés au même cas d'utilisation, SysML permet de créer un acteur généralisé qui prend en compte les comportements communs des deux acteurs. On dit alors que les acteurs (l'utilisateur endormi et l'utilisateur éveillé) sont des spécialisations de l'acteur utilisateur. Chacun d'entre eux peut avoir ses propres cas d'utilisation.

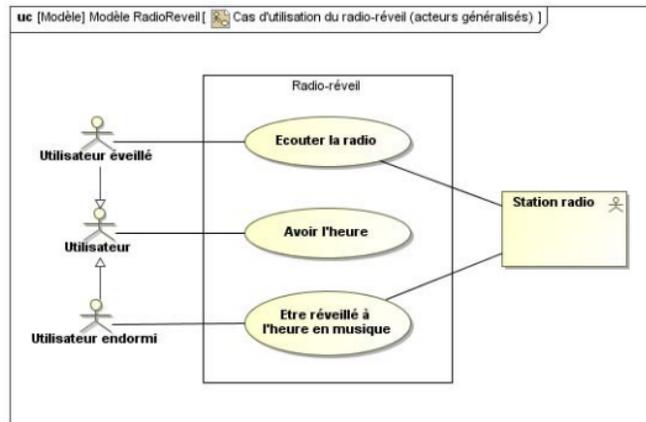


FIGURE 2.5 – Variante du diagramme avec généralisation d’acteurs et un acteur secondaire non-humain

Cas d’utilisation : un cas d’utilisation (use case, ou UC) est un ensemble de séquences d’actions pour un système qui sont réalisés par le système et qui produisent un résultat observable intéressant à un acteur particulier. Chaque cas d’utilisation définit un comportement attendu du système dans son ensemble, sans imposer le mode de réalisation de ce comportement. Il permet de décrire ce que le futur système devra faire, sans préciser comment il le fera. Un cas d’utilisation doit être relié à au moins un acteur.

Descriptions des cas d’utilisation : une description de cas d’utilisation sous forme de texte doit être utilisée pour fournir des informations supplémentaires à l’appui de la définition du cas d’utilisation. Le texte de description peut être capturé dans le modèle comme un commentaire. Une description de cas d’utilisation typique peut inclure les éléments suivants :

- Préconditions : les conditions qui doivent être remplies pour démarrer un cas d’utilisation.
- Postconditions : les conditions qui doivent être réunies une fois que le cas d’utilisation est terminé.
- Flux principal : le ou les scénarios les plus fréquents du cas d’utilisation.
- Flux alternatif et/ou d’exception : scénarios moins fréquents ou hors norme. Les flux d’exception peuvent faire référence à des points d’extension et représentent généralement des flux qui ne soutiennent pas directement les objectifs du flux principaux.
- D’autres informations peuvent compléter la description de base du cas d’utilisation afin d’illustrer plus en détail l’interaction entre les acteurs et le système.

Relations entre cas d'utilisation :

SysML définit trois types de relations standardisées entre les cas d'utilisation :

- Une relation d'inclusion : est indiquée par une flèche en pointillés avec le mot-clé "include". La pointe de la flèche pointe vers le cas d'utilisation qui est inclus, la relation d'inclusion permet à un cas d'utilisation (cas d'utilisation de base) d'inclure la fonctionnalité d'un autre (cas d'utilisation inclus). Le cas d'utilisation inclus est toujours exécuté lorsque le cas d'utilisation de base est exécuté. Il est implicite dans la définition de l'inclusion que tous les participants d'un cas d'utilisation de base peuvent participer à un cas d'utilisation inclus, de sorte qu'un acteur associé à un cas d'utilisation de base n'a pas besoin d'être explicitement associé à un cas d'utilisation inclus.

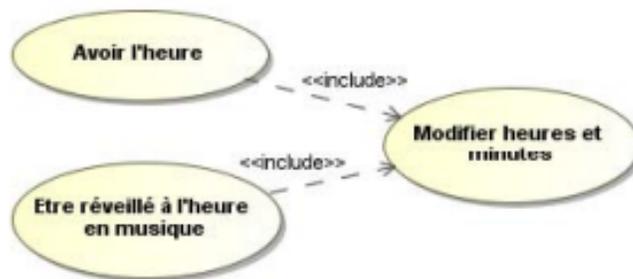


FIGURE 2.6 – La relation d'inclusion

- Une relation d'extension : formalisée par le mot-clé « extend », un cas d'utilisation peut étendre à un cas d'utilisation de base à l'aide d'une relation d'extension. Un cas d'utilisation étendu est une partie de la fonctionnalité qui ne fait pas partie de la fonctionnalité normale du cas d'utilisation principal. Il décrit souvent un comportement exceptionnel dans l'interaction, comme la gestion des erreurs, entre le sujet et les acteurs qui ne contribuent pas directement à l'objectif du cas d'utilisation principal.

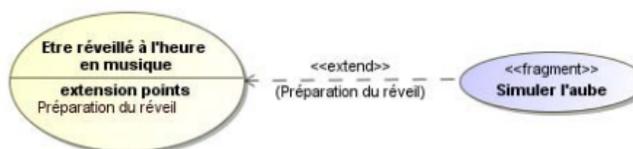


FIGURE 2.7 – La relation d'extension

- Une relation de généralisation / spécialisation (flèche blanche) : les cas d'utilisation descendantes héritent la description de leur parent commun. Chacun d'entre eux peut néanmoins comprendre des interactions spécifiques supplémentaires.

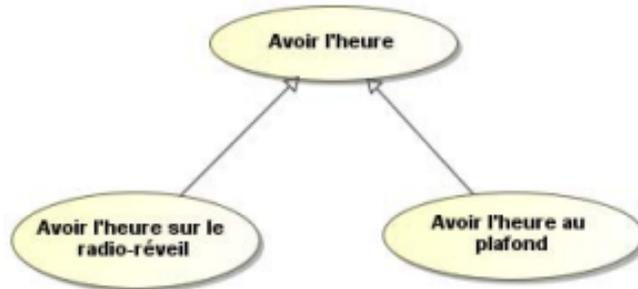


FIGURE 2.8 – La relation de généralisation /spécialisation

3.Diagramme paramétrique :

Le diagramme paramétrique est une nouveauté de SysML qui permet de représenter des contraintes sur les valeurs des paramètres du système tel que les performances, la fiabilité, la masse, etc. C'est une spécialité du schéma fonctionnel interne où les seuls blocs utilisables sont les contraintes entre les paramètres qui permettent une représentation graphique équations et relations mathématiques. Ainsi, ce nouveau graphique fournit un support précieux pour les études d'analyse de système. Un diagramme paramétrique (par) permet de créer une corrélation "mathématique" entre les grandeurs saisies dans la base de données.

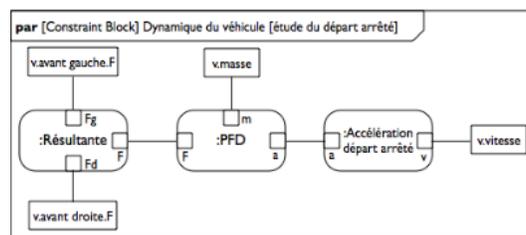


FIGURE 2.9 – Diagramme paramétrique simple

L'objectif principal du diagramme modulaire est de prendre en charge d'autres analyses d'ingénierie à l'aide d'outils tels que Matlab/Simulink, etc. Un autre objectif est de relier ces analyses aux exigences et de montrer comment une contrainte ou une formule peut être utilisée pour vérifier

certaines exigences.

4. Diagramme de bloc interne :

Le diagramme bloc interne (IBD, ou Internal Bloc Diagram) décrit la largeur interne d'un bloc ou la largeur d'une boîte blanche, et s'appuie sur BDD pour regrouper les blocs qui composent le bloc principal. Il permet de visualiser les différents sous-blocs d'un bloc et de définir les interfaces à l'aide de ports, afin de distinguer l'utilisation de plusieurs sous-blocs de la même classe, nous utilisons l'instance de bloc conçue à l'aide des deux points. Il représente les liens, les flux et les informations échangées entre les parties d'un bloc ou d'un système. Le cadre du diagramme représente le bloc lui-même ou le système.

Il décrit l'architecture matérielle d'un système, les échanges internes entre ses éléments ou avec l'extérieur. Les blocs peuvent décrire un système complet, un sous-système ou un composant principal. Le diagramme IBD permet de représenter les connexions entre blocs mais aussi les échanges de matière, d'énergie et d'informations avec la notion de ports.

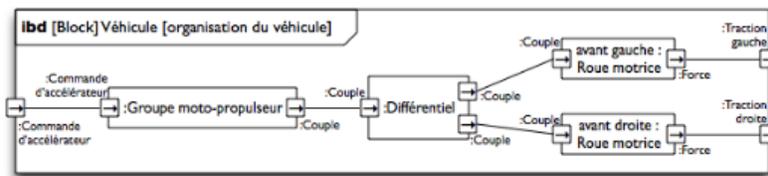


FIGURE 2.10 – Diagramme de bloc interne

5. Diagramme de définition de blocs :

Le diagramme de définition de bloc (BDD) est la vue boîte noire du bloc. Le bloc principal est la hiérarchie de ses blocs composants, qu'ils soient logiciels ou matériels. Permet de définir une arborescence à partir de blocs. Comme ces blocs peuvent modéliser un élément de contexte, une fonction ou un composant. Le graphe BDD aura une signification différente.

Par rapport à UML, SysML BDD redéfinit le diagramme de classes en remplaçant les classes par des blocs. BDD est comme la première page d'une notice de montage d'un meuble, indiquant une liste d'éléments et de pièces à assembler avec leurs quantités respectives. Répertorie les composants d'un système ou d'un cluster, en précisant éventuellement leur rôle et leur quantité. Chaque

bloc peut faire l'objet d'une description plus précise en indiquant ses composants, ses propriétés, les opérations qu'il peut effectuer ainsi que les limitations ou limites auxquelles il est soumis.

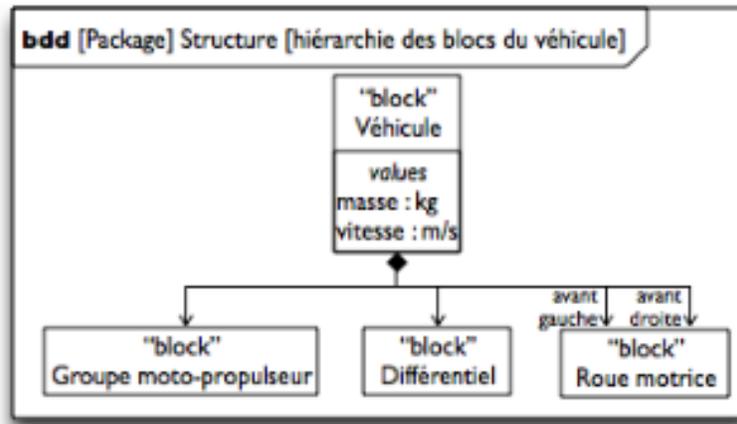


FIGURE 2.11 – Diagramme de définition de bloc

6. Diagramme d'activité :

Le diagramme d'activité est l'un des diagrammes dynamiques proposés par SysML, il montre la séquence des activités. Les deux types de liens sont utilisés pour afficher les flux d'objets (lignes pleines) et les flux de commandes (lignes pointillées).

Il est utilisé pour représenter les étapes d'un processus, qui comprend généralement des « input et output pins » qui correspondent respectivement au type d'élément requis en entrée d'une activité ou d'une action, et qui est généré en sortie.

Si une action ou une activité représente l'opération d'un bloc, nous pouvons assurer la cohérence du modèle en veillant à ce qui est défini comme entrée d'une activité corresponde à la signature de l'opération ou de l'interface du bloc.

Toutes les propriétés des diagrammes d'activité UML sont également disponibles avec SysML.

Il y a quelques ajouts :

- Concept de contrôle pour activer ou désactiver les actions en cours (Control Value).
- Détermination de la nature du passage sur le courant : système continu ou discret.
- Définir le taux et la probabilité de contrôle ou de flux d'un objet.

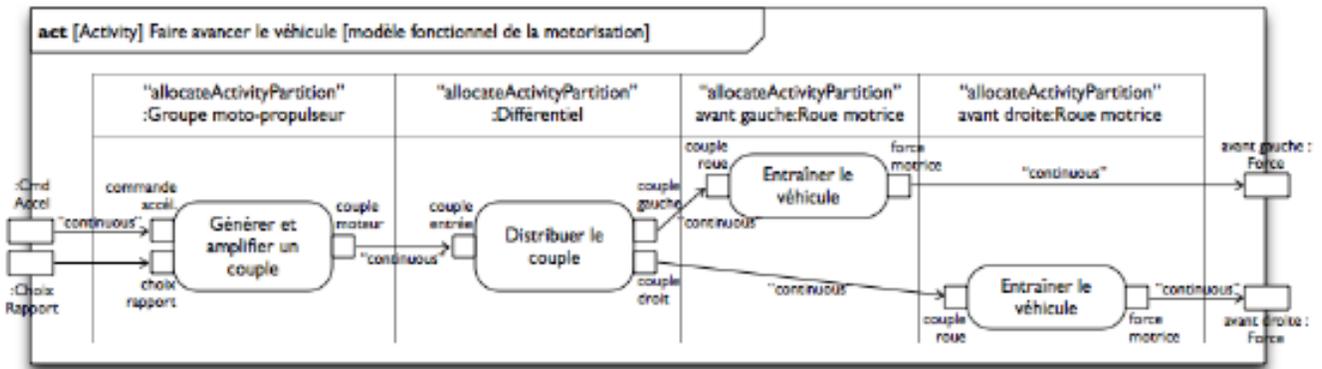


FIGURE 2.12 – Diagramme d'activité simple

7. Diagramme de séquence :

Le diagramme de séquence montre la séquence verticale des messages passés entre les éléments (lignes de vie) au sein d'une interaction.

Interaction :

Une interaction décrit une communication entre des lignes de vie. Cette communication est basée sur l'échange de messages sous forme d'appels d'opérations ou de signaux. Une interaction décrit un comportement du système. Les éléments d'une interaction sont essentiellement des lignes de vie et des messages. Les lignes de vie représentent les partenaires de communication, tandis que les messages représentent la communication. Une interaction décrit un scénario spécifique. Elle représente les éléments participants (partenaires de communication) et la séquence indiquant qui envoie un message à qui et quand.

Ligne de vie :

La principale caractéristique structurelle d'une interaction est la ligne de vie. Elle représente un partenaire de communication dans une interaction.

Une ligne de vie est représentée par un rectangle (la tête) avec une ligne pointillée descendant de sa base (la queue). Le rectangle contient le nom et le type (le cas échéant) du membre représenté, séparés par deux points.

Le corps d'une ligne de vie montre le cycle de vie de l'objet qui assume le rôle spécifié par la ligne de vie. Si l'objet est détruit au cours de l'interaction, la ligne se termine et l'événement de destruction est indiqué par une croix.

Message :

Les messages peuvent être échangés entre les lignes de vie pour réaliser des interactions. Un message peut être envoyé d'une ligne de vie à elle-même pour représenter un message interne à une partie.

Un message représente souvent une invocation ou une demande de service ou l'envoi d'un signal de la ligne de vie d'envoi à la ligne de vie de réception. Il est représenté sur un diagramme de séquence par une ligne avec différentes têtes de flèches et annotations selon le type de message.

Un message synchrone a une tête de flèche marquée. "Synchrone" signifie que l'expéditeur attend que le récepteur ait traité le message. L'adresse fin (c'est-à-dire le retour à l'expéditeur) est indiquée par une flèche en pointillés.

Un message asynchrone a une flèche ouverte. "Asynchrone" signifie que l'expéditeur n'attend pas le récepteur, il peut poursuivre son propre travail de traitement dès l'envoi du message. Cela implique que l'expéditeur et le récepteur se trouvent dans des processus d'exécution différentes. Il n'y a pas de flèche de retour en pointillés.

Activation :

Les bandes verticales le long d'une ligne de vie représentent des périodes d'activation. Elles sont optionnelles, mais permettent de mieux comprendre la flèche pointillée du message de retour.

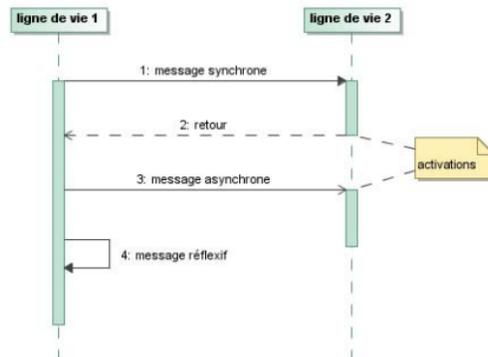


FIGURE 2.13 – Notation de base du diagramme de séquence

Diagramme de séquence « système » (dss) :

Pour les messages de cas d'utilisation, les diagrammes de séquence « Systeme » montrent non

seulement les acteurs externes interagissant directement avec le système, mais également ce système (sous forme de boîte noire) et les événements système déclenchés par les acteurs. L'ordre chronologique se déroule vers le bas et l'ordre des messages doit suivre la séquence indiquée dans le cas d'utilisation.

Il est recommandé de présenter le dss en montrant l'acteur principal à gauche, puis une ligne de vie unique représentant le système en boîte noire, et enfin, les éventuels acteurs secondaires appelés au cours du scénario à droite du système.

Un premier exemple de dss du cas d'utilisation être réveillé à l'heure en musique est donné à la figure suivante. Le premier message est un message synchrone, donnant lieu à un retour : Affiche un point à côté de l'heure indiquant que l'alarme est activée. Le fait que radio-réveil détecte que l'heure courante devient égale à l'heure d'alarme est représenté par un message réflexif avec le mot-clé when. Le dernier message est un signal asynchrone.

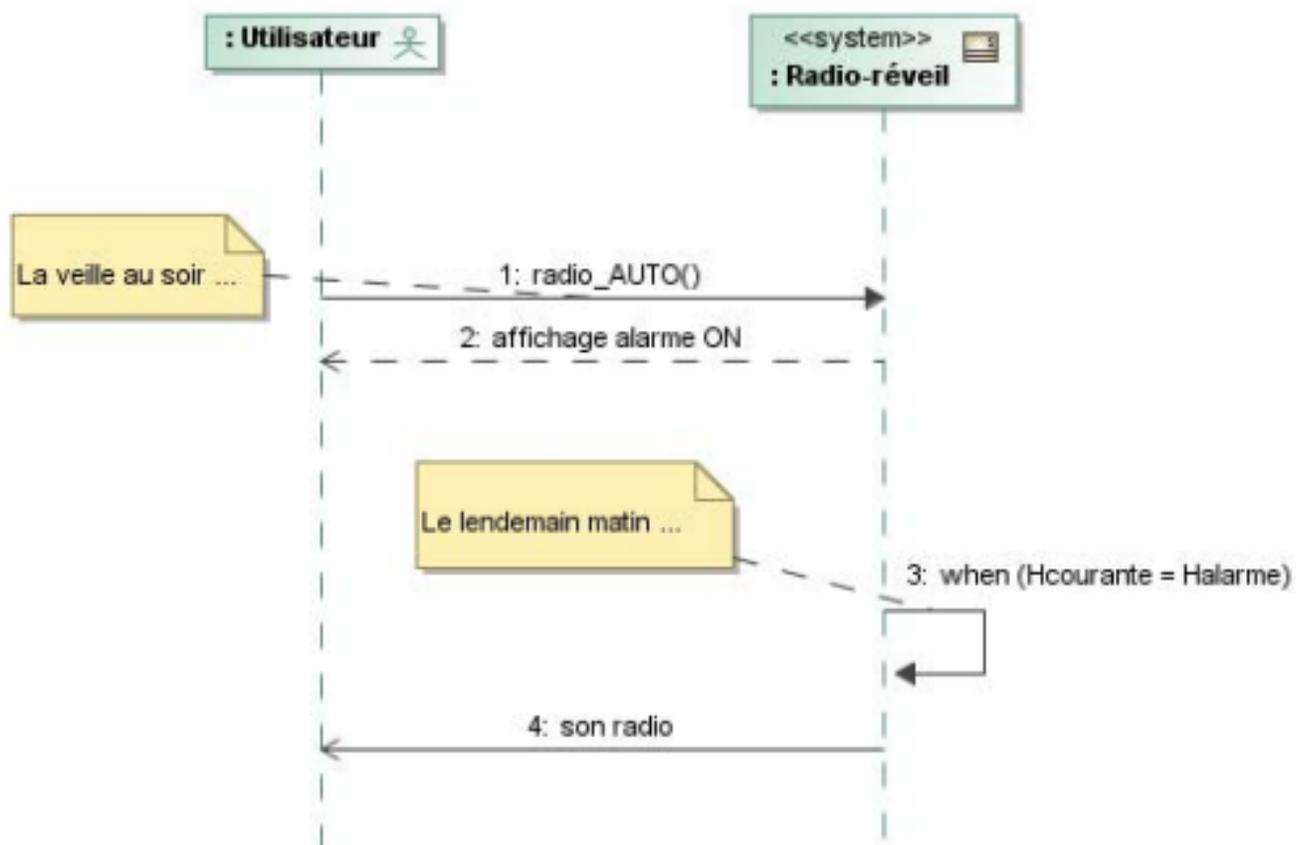


FIGURE 2.14 – dss simple du cas être réveillé à l'heure

Fragments combinés :

Des modèles d'interaction plus complexes sont souvent nécessaires, et peuvent être modélisés à l'aide de constructions appelées fragments combinés. Différents fragments combinés spécifient des règles différentes pour l'ordre des messages et de leurs associées, telles que les traces parallèles et alternatives.

Un fragment combiné est constitué d'un opérateur d'interaction et de ses opérandes. L'opérateur d'interaction définit le type de logique d'ordonnancement, et ses opérandes sont tous soumis à cette règle. Chaque opérande a une garde contenant une expression de contrainte qui indique les conditions dans lesquelles elles sont validées. Chaque garde est liée à une seule ligne de vie et peut uniquement faire référence à des attributs de cette ligne de vie dans sa contrainte.

Au total, il existe 12 opérateurs d'interaction différents :

Branches et boucles : alt, opt, break, loop.

Concurrence et ordre : seq, strict, opérateur par.

Filtres et contraintes : critical, neg, assert, consider, ignore.

Opérateurs d'interaction de base :

Les opérateurs d'interaction suivants sont fréquemment utilisés :

- Seq-weak sequencing : le séquençage faible est la forme de séquençage par défaut pour tous les opérandes, il est donc rarement utilisé explicitement.

- Par : un opérateur où les opérandes peuvent apparaître en parallèle, chacun suivant des règles de séquençement faibles. Il n'y a pas d'ordre implicite entre les occurrences des différents opérandes. Cet opérateur a une notation alternative à bande courte, lorsqu'il est appliqué à une seule ligne de vie appelée "coregion", où au lieu d'un cadre, les opérandes sont entre crochets verticaux.

- Alt/else : un opérateur où exactement un de ces opérandes sera sélectionné en fonction de la valeur de sa garde. La garde de chaque opérande est évaluée avant la sélection, et si la garde de l'un des opérandes est validée, alors celui-ci est sélectionné. Si plus d'un opérande a une garde valide, alors la sélection n'est pas déterministe. Un fragment optionnel else n'est validé que si aucune des gardes sur les autres opérandes n'est validée.

- Opt : un opérateur unaire qui est équivalent à un alt avec un seul opérande. Cela implique

que l'opérande est soit exécuté soit ignoré en fonction de la validité de la garde.

- **Loop** : un opérateur où la trace représentée par son opérande se répète jusqu'à ce que sa contrainte de terminaison soit satisfaite. Une boucle peut définir des limites inférieures et supérieures sur le nombre d'itérations ainsi que sur l'expression de garde. Ces limites sont documentées entre parenthèses après le mot-clé "loop" dans l'étiquette du fragment comme suit : "(limite inférieure, limite supérieure)", où la limite supérieure peut avoir la valeur "*", indiquant une limite supérieure infinie.

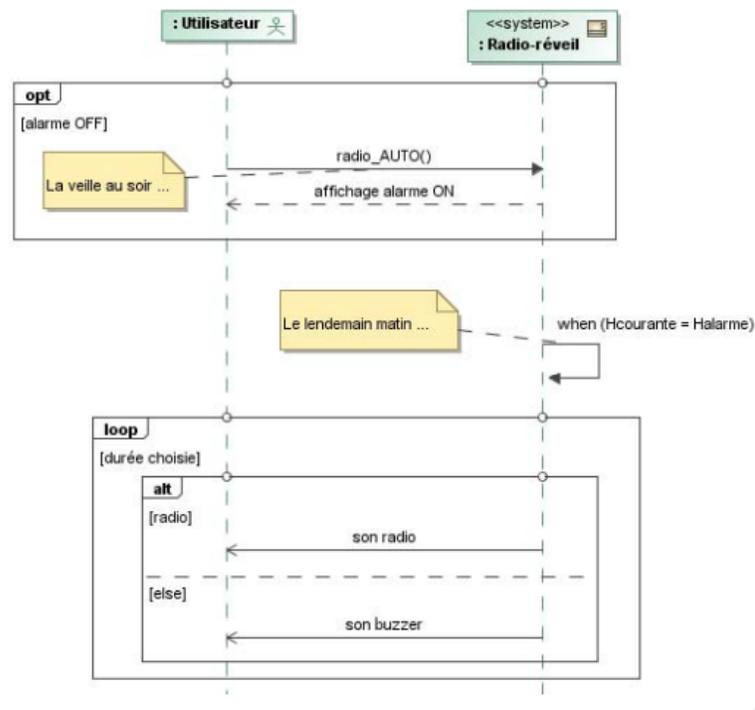


FIGURE 2.15 – dss avec fragment

Opérateurs d'interaction supplémentaires :

Voici d'autres opérateurs d'interaction qui ne sont pas couramment utilisés

- **Strict** : comme "seq" sauf que les occurrences représentées par ses opérandes sont séquencées dans l'ordre sur toutes les lignes de vie participantes.
- **Break** : un opérateur dont l'opérande est exécuté plutôt que le reste du fragment qui l'en-

ture. Ceci est souvent utilisé pour représenter le traitement des scénarios exceptionnels.

- **Critical** : un opérateur où la séquence d'opérandes doit se dérouler sans intercalation des autres occurrences, au moins dans les lignes de vie participantes du fragment. Il peut être utilisé lorsqu'un opérateur "par" des niveaux supérieurs indique que l'entrelacement peut se produire, et cet opérateur est utilisé pour contraindre l'entrelacement.

- **Neg** : un opérateur où les traces décrites par son opérande ne peuvent pas se produire. Dans la modélisation de l'interaction, il existe des cas où couvrir toutes les occurrences sont très onéreux, par exemple lorsqu'il y a un grand nombre d'occurrences liées à des messages qui ne sont pas pertinents pour le scénario décrit. Pour ces cas, les opérateurs suivants offrent la possibilité de filtrer les messages dans leur opérande.

- **Consider** : ne considérer que les messages pour un ensemble spécifié d'opérations et/ou de signaux. Toutes les occurrences d'événements correspondant à d'autres messages sont ignorées ; c'est-à-dire qu'ils ne sont pas pris en compte pour la validité. Seuls les messages considérés peuvent apparaître dans l'opérande.

- **Ignore** : ne pas prendre en compte les messages pour un ensemble spécifié d'opérations et/ou de signaux. Les occurrences d'événements correspondant aux messages ignorés ne sont pas prises en compte pour la validité. Les messages ignorés ne peuvent pas apparaître dans l'opérande.

Cadre référence :

Le diagramme de séquence peut faire référence à un autre grâce à un rectangle contenant le mot-clé "ref". Cette notation est très pratique pour modulariser les diagrammes de séquence et la création d'hyperliens graphiques exploitables par les outils de modélisation.

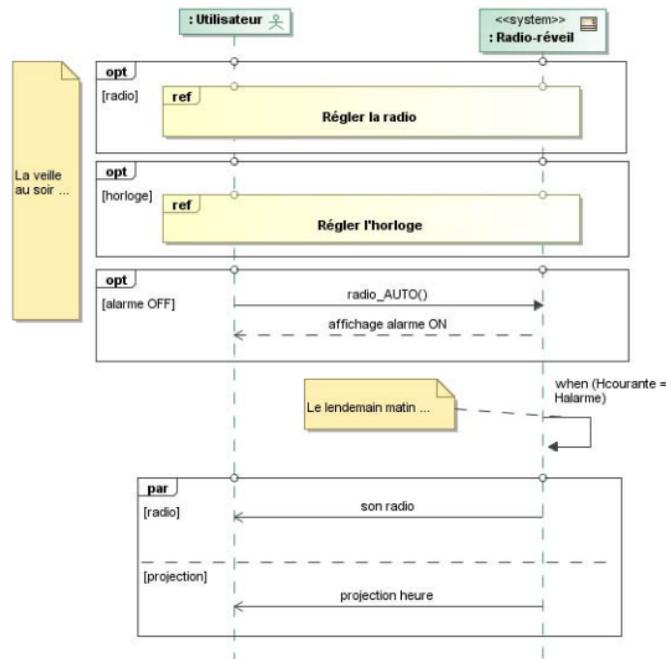


FIGURE 2.16 – dss avec références

Contraintes temporelles :

SysML permet d'ajouter des contraintes temporelles sur le diagramme de séquence. Il existe deux types de contraintes :

- La contrainte de durée : qui permet d'indiquer une contrainte sur la durée exacte, la durée minimale ou la durée maximale entre deux événements .
- La contrainte de temps : qui permet de positionner des labels associés à des instants dans le scénario au niveau de certains messages et de les relier ainsi entre eux.

Nous avons modélisé le simulateur d'aube en utilisant les deux types de contraintes. En fait, il fallait choisir l'un ou l'autre, mais cela nous permet d'illustrer les deux cas.

Pour simuler l'aube, nous avons supposé que la lampe commence à émettre doucement trente minutes avant l'heure du réveil.

Le message 3 : lumière douce modélise ce début d'éclairage. La contrainte de durée est représentée par une double flèche en prolongement de ce message et du déclenchement de l'alarme (message 5), avec la durée entre accolades : 30 mn.

La contrainte de temps, pour sa part, est représentée en associant une contrainte $t = \text{Halarme}$ en prolongement du message 5, et une autre contrainte $t = \text{Halarme} - 30 \text{ mn}$ en prolongement du message 3.

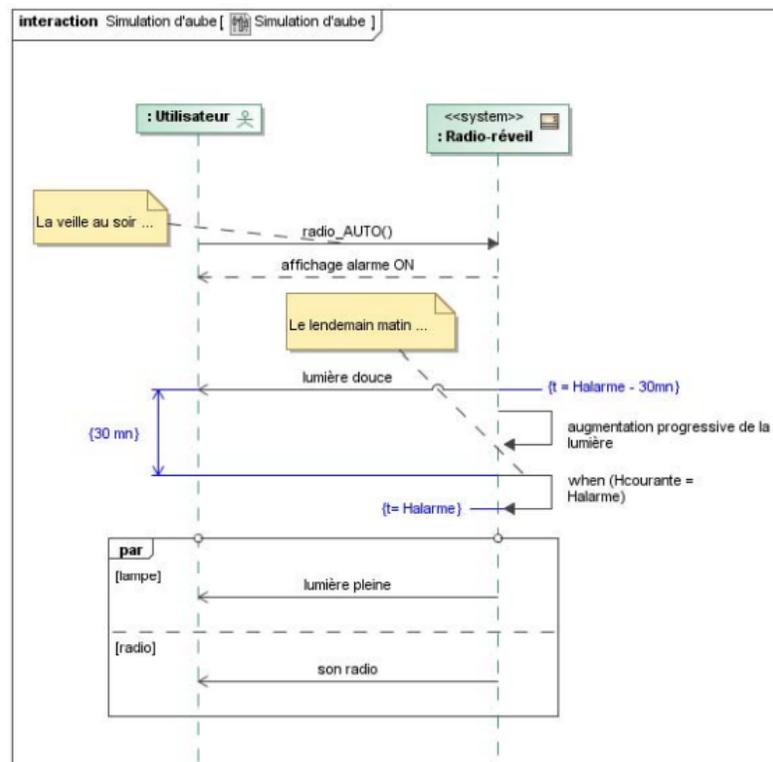


FIGURE 2.17 – dss avec contraintes temporelles

8. Diagramme de packages :

Les diagrammes de package sont des diagrammes structurels utilisés pour montrer l'organisation et la disposition de divers éléments de modèle sous la forme de packages.

Un package est un regroupement d'éléments apparentés, tels que des diagrammes, des documents ou même d'autres packages. Chaque élément est inclus dans le package, qui est représenté sous la forme d'un dossier de fichiers dans le diagramme, puis placé hiérarchiquement dans le diagramme.

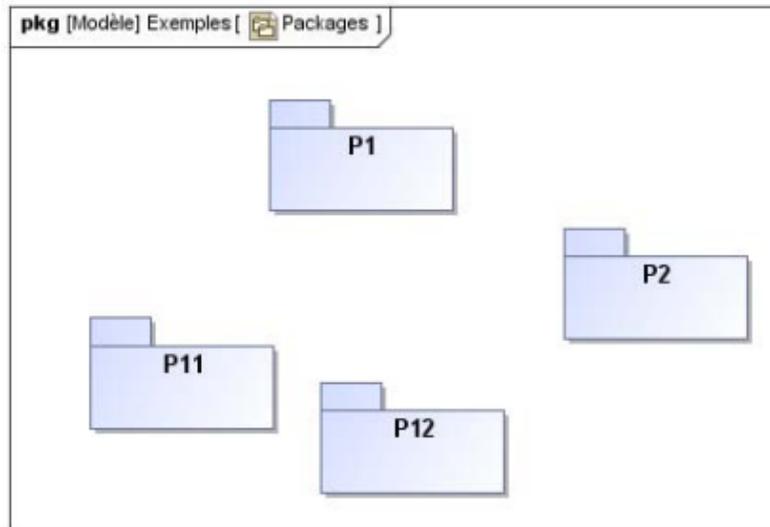


FIGURE 2.18 – Diagramme de package simple

9. Diagramme d'état :

Un diagramme de machine d'état décrit les transitions entre les états et les actions qu'un système ou ses composants effectuent en réponse à des événements. Il décrit les états successifs d'un système ou d'un sous-système qui exécute des états bien définis pendant leur fonctionnement (machine d'état). C'est une représentation séquentielle des états d'un système.

Le diagramme d'états avec SysML s'utilise de la même façon qu'avec UML2, c'est-à-dire qu'il permet de représenter le cycle de vie auquel doit correspondre toutes les instances d'un bloc donné, en modélisant tous les états possibles. Il modélise l'évolution de l'état du bloc en fonction des événements pouvant survenir. Seuls les blocs qui sont importants d'un point de vue métier, ou de nature complexe, ont un diagramme d'état.

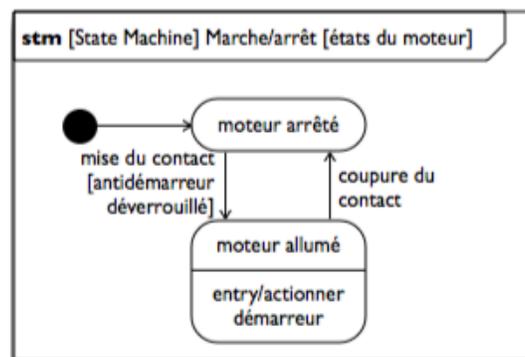


FIGURE 2.19 – Diagramme d'état simple

2.8 Conclusion

La modélisation est la conception et l'utilisation d'un modèle. Selon son objectif (représentation simplifiée, compréhension, prédiction) et les moyens utilisés. Dans ce chapitre nous avons abordé la notion de « conception » dans les moindres détails ; nous avons étudié différents langages de modélisation ; établi les différences et les apports d'un langage par rapport à l'autre.

Chapitre 3

Présentation de l'entreprise

3.1 Introduction :

Ce chapitre présente toutes les informations concernant l'entreprise, en commençant par sa fiche technique, son historique, ses activités, et les différentes perspectives. Nous parlerons également de ses produits, fournisseurs, clients et concurrents.

3.2 Présentation de l'entreprise

L'entreprise de Cartonnerie El-Amine est une entreprise privée ayant une forme juridique Sarl, elle est située dans la zone industrielle « Chetouane D08, Tlemcen ».

3.3 Fiche technique de l'entreprise

Nature : Siège

Année de création : 1965

Forme juridique : Sarl

Chiffre d'affaires : Dépasse les 250 millions DA

Activités : Producteur Distributeur Prestataire de services

Effectifs de l'entreprise : De 20 à 49 employés

Adresse de l'entreprise : Zone industrielle Dessert n 08 13000 chetouane Algérie

Tel : +213 770 97 16 65

Fax : +213 43 278077

Email : contact@cart-elamine.com

Logo de l'entreprise



3.4 Historique

Créée dès 1965, "Cartonneries El-Amine" est une société spécialisée dans la fabrication de boîtes d'emballage et la revente de cartons compacts. Dirigée par :

Mr. Elachachi Abdelmadjid et son fils

Mr. Elachachi Mohammed Ennour

"Cartonneries El-Amine" n'a cessé de croître au fil des années, son chiffre d'affaires annuel actuel dépassant les 250 millions de dinars algériens.

L'histoire de cette entreprise, a connu un tournant majeur en 1993 lors de la libéralisation du commerce extérieur et de l'avènement de l'économie de marché. En effet, son activité a alors connu un véritable coup de fouet, conduisant l'entreprise à doubler son effectif (actuellement à 55 employés) afin de répondre à une demande croissante.

À cette même époque, l'entreprise a également commencé à se déployer dans d'autres villes du pays, notamment à Alger la capitale, afin de se rapprocher de sa clientèle, répartie sur l'ensemble du territoire national.

Implantée à l'origine dans la banlieue Ouest de Tlemcen (incorporée actuellement au centre-ville), la société a annexé un nouveau site de production en 2010 à la zone industrielle de Chetouane - Tlemcen, afin de répondre toujours à la demande croissante de sa clientèle. Grâce à une qualité de fabrication irréprochable ainsi qu'à un service commercial très performant, "Cartonneries El-Amine" figure aujourd'hui parmi les leaders dans son domaine en Algérie, avec une part importante du marché national.

Dans ce contexte, des experts de la communauté européenne ont pu constater la mise à niveau de la chaîne de production, du fait d'un savoir-faire indéniable, en constante amélioration depuis 46

ans, mais également du fait d'une utilisation judicieuse des technologies modernes.

3.5 Organigramme

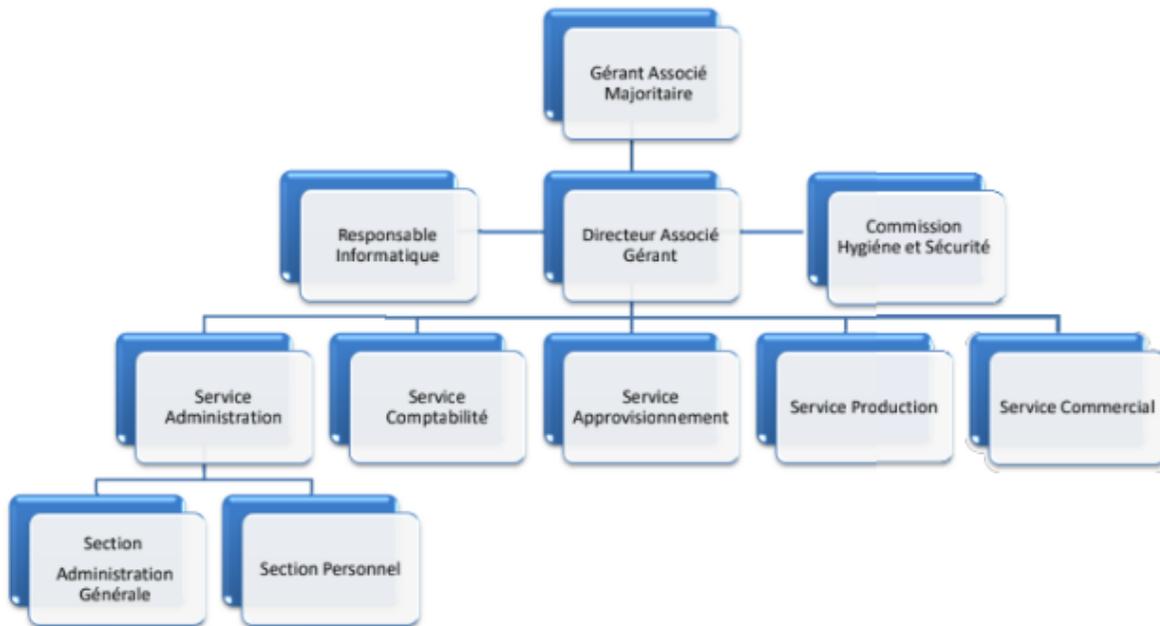


FIGURE 3.1 – Organigramme de la direction de l'entreprise

3.6 Activités

"Cartonneries El-Amine" propose aux professionnels un large éventail de produits afin de répondre à leurs besoins. La production de l'entreprise s'oriente actuellement vers deux grands secteurs : la fabrication de tous genres de boites d'emballage en carton plat pour les divers secteurs de l'industrie, parmi lesquels, le secteur alimentaire, le secteur textile (bonneteries layettes), le secteur des articles chaussant, ou encore le secteur pharmaceutique.

- Cartons par usage :

Cartons pour l'industrie du chasseur.

Cartons pour contenants et boîtes.

- Emballage en papier et carton pour produits alimentaires :

Boîtes en carton dur pour l'industrie alimentaire.

- Emballage en carton :

Cartonnages.

Étuis en carton.

Emballage en carton imprimé.

- Emballage en carton par usage :

Étuis et boîtes en carton pour bijoux et montres.

- Boîtes en carton :

Boîte en carton doublé.

Boîte en carton ou en carton léger.

Boîte en carton collé.

Boîte en carton dur.

- Boîte en carton pour usage :

Boîte en carton pour envois postaux.

Boîte en carton pour vêtements.

Boîte en carton à chaussures.

Boîte en carton pour machines automatiques de remplissage et d'emballage.

- Rouleaux et tubes en papier ou en carton :

3.7 Perspectives de l'entreprise

- Un équipement de production à la pointe de la technologie.
- Modernisation du parc machines.
- Prévision d'une demande croissante et l'augmentation des parts de marché.
- Se baser sur sa longue expérience dans le domaine.
- Renforcement de l'engagement civique.
- Participation active au sein de différents organismes, associations...

3.8 Principaux produits

- Boite à 4 ou 6 coins :

Boite pâtissière; Boite à 4 coins .

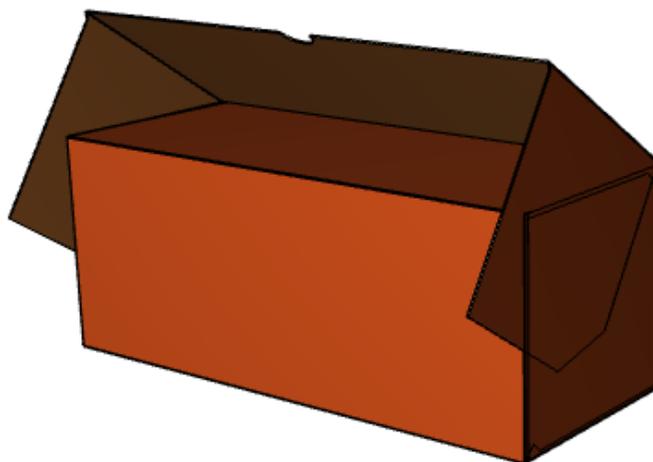


FIGURE 3.2 – Boite à 4 coins

- Boite droite 1 pièce :

Fond sans couvercle; Boite à chaussure A; Boite présentoir B; Boite cloche; Boite à chaussures;

Plateau ; Barquette A ; Barquette B ; Barquette C ; Barquette D ; Chemise en carton A ; Chemise en carton B ; Chemise en carton C ; Chemise en carton D.

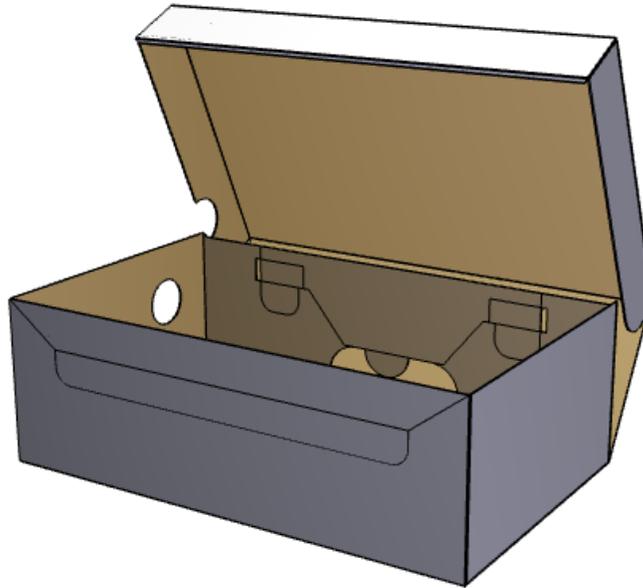


FIGURE 3.3 – Boite à chaussures

- Boite pliante 2 pièces :

Fond avec couvercle indépendant .



FIGURE 3.4 – Fond avec couvercle indépendant

- Boite étuis :

Boite étui simple ; Boite pour mouchoirs en papier ; Boite étui avec fond semi-automatique ; Boite

étui avec fond automatique.

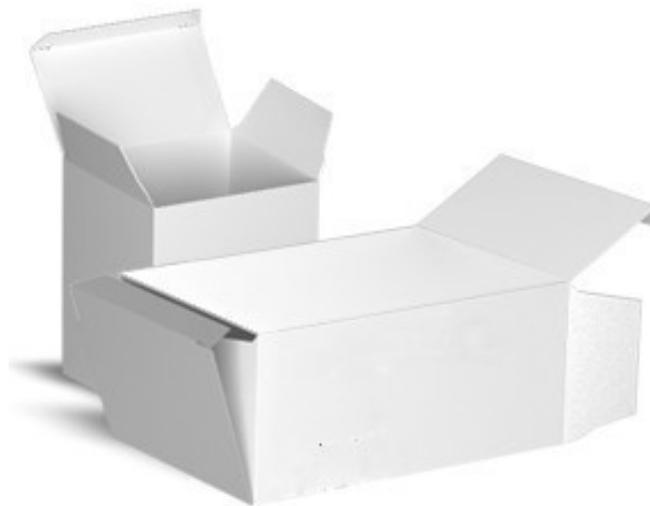


FIGURE 3.5 – boîte étuis simple

- Carton en feuille :

Support à gâteaux A ; Support à gâteaux B ; Plateau pour tarte A ; Plateau pour tarte B.

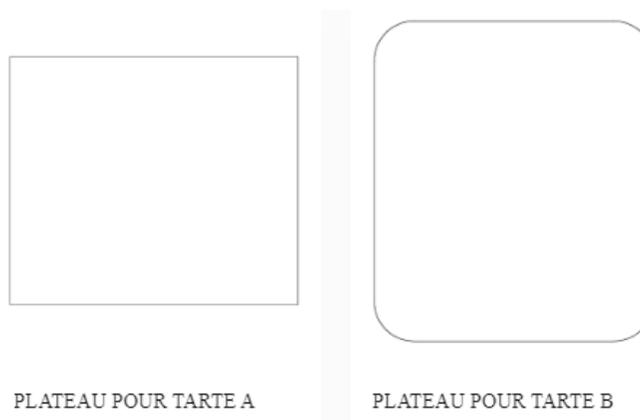


FIGURE 3.6 – Carton en feuille

- Boîte spéciale :

Couvercle personnalisé A ; Couvercle personnalisé B ; Fond personnalisé ; Caisse pour papier ; Fond hexagonal A ; Fond hexagonal B ; Boite à frites ; Boite coussin ; Boite présentoir A ; Boite présentoir B ; Boite panier.

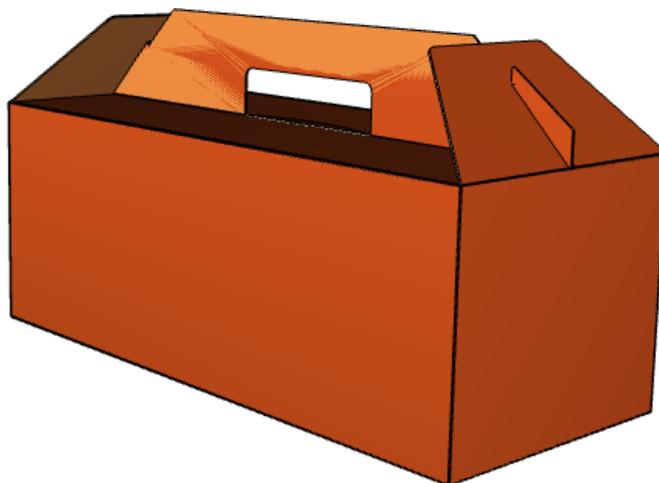


FIGURE 3.7 – Boîte Panier

3.9 Qualité

La qualité et le service avant tout. Pour Elachachi Mohammed Ennour, qui codirige la Sarl avec son père, pas question de vendre pour vendre et faire du chiffre nous dit -t-il alors qu'il nous fait visiter le siège de « Cartonneries El amine » qui célèbre le cinquantième anniversaire de sa relation avec son fournisseur la société MM Karton.

« Nous avons toujours privilégié la qualité, nous travaillons avec les mêmes fournisseurs et clients depuis plusieurs années. Nous apportons régulièrement une évolution aux gammes vendues et toute notre action s'inscrit dans une relation stable au long terme ainsi que de proximité géographique avec nos clients via notre réseau d'agences pour couvrir le territoire national.

Nous nous faisons fort de donner une réponse concrète aux besoins de nos clients que nous suivons de très près. Cela requiert de connaître parfaitement leur activité et d'être à leur écoute. Les notions de proximité et de loyauté sont les bases d'une relation stable nouée dans la confiance au fil du temps. Chez "Cartonnerie El-Amine", le procédé de fabrication de boîtes d'emballage est extrêmement bien géré. Après réception de la commande, des techniciens réalisent le produit selon les désirs du client. Le process se déroule ainsi en plusieurs étapes majeures qui varient selon que la boîte soit simple (blanche) ou imprimée (couleurs), et aussi selon les options de finition (pelliculage, vernissage). Plusieurs compétences sont nécessaires dans cette conception qui porte sur la forme et la faisabilité de l'emballage : originalité, économie de la matière, automatisation du découpage et de l'assemblage, caractère artistique de la décoration réalisée en infographie.

Commençant alors les étapes de la conception des échantillons grâce à des appareils utilisant la technologie, suivie d'insolation des plaques offset grâce au procédé « Computer-to-plate » (de l'ordinateur à la plaque) ce qui permet d'insoler des plaques offset directement à partir de fichiers numériques en utilisant le laser. La préparation des fournitures nécessaires (sélection des couleurs, plaques d'impression, formes de découpe, etc.), les techniciens analysent les caractéristiques de la boîte convenant au produit à emballer ainsi que ses applications, afin de sélectionner les meilleures matières pour sa fabrication.

Les plaques offset prêtes passent à la presse pour l'impression. La presse d'impression offset se compose de cinq groupes imprimants qui accueillent chacun une couleur de la quadrichromie (jaune, cyan, magenta ou noir, couleur pantone plus deux groupes vernis). Après l'impression, ces matières sont ensuite minutieusement traitées selon le cas (vernissage, pelliculage, etc.) afin de valoriser au mieux les produits qui y seront emballés. Une découpe précise ainsi qu'un pliage-collage d'une finition parfaite viendront achever ce processus de fabrication, offrant ainsi au client des boîtes d'emballage d'une qualité irréprochable. Les produits finis sont ensuite entreposés dans des aires conçues spécialement pour ces produits, températures ambiantes, propreté de rigueur, rien n'est laissé au hasard.

3.10 Fournisseurs, clients et concurrents

- Fournisseurs (principalement européens) : fabricant de carton, fabricant de papier kraft et revendeur de carton/papier.
- Clients : fabricants de chaussures, laboratoires pharmaceutiques, grossistes d'emballage, pâtisseries
....
- Concurrents : imprimeurs, fabricants d'emballage en carton.

3.11 Conclusion

L'entreprise Cartonnerie El-Amine reste leader dans son domaine puisqu'elle offre aux clients une grande variété de produits. Elle doit informatiser la gestion de ses flux d'informations afin de mieux gérer la variété de production et de réaliser une planification rentable et efficace. Dans ce chapitre nous avons établi une étude approfondie de l'entreprise ou nous avons réalisé notre mémoire ; nous avons défini tous les types de produits qu'elle réalise ; établi une critique constructive à partir de laquelle nous avons élaboré les différentes perspectives.

Chapitre 4

Analyse des données des produits d'emballage

4.1 Introduction

Ce chapitre introduit une description de notre projet, ses objectifs, la soumission des échantillons avec la réalisation de la nomenclature et la gamme de fabrication de chaque produit. Nous y retrouvons également une description graphique du fonctionnement de notre système. Cette dernière comporte le cas d'utilisation et les diagrammes de séquence SysML. En dernier lieu nous établissons une description des ERP.

4.2 Analyse de l'existant

L'entreprise n'a pas d'ERP et utilise principalement des logiciels standards (Office Word et Excel) pour gérer les processus et la communication entre les services (production, RH, inventaire, finance, etc.), ce qui entraîne des informations déformées et perdues avant qu'elles n'atteignent leur destination. Cela laisse également un énorme vide dans les systèmes de gestion de la production et des stocks. Manque de documentation sur la chaîne de production et de documentation définissant les rôles et les responsabilités des acteurs de la production.

Pour comprendre comment gérer les activités et les informations de manière efficace et efficiente, l'entreprise a décidé de remplacer son logiciel existant par un ERP.

Dans le cadre de la mise à niveau des systèmes d'information, des opérations commerciales et de la planification des activités, pour améliorer les performances en termes de traçabilité et d'assurance des flux d'informations, ainsi que pour calculer les prévisions de demande et les calendriers de production des clients afin d'aider les gestionnaires à prendre des décisions rapidement et efficacement.

4.3 Présentation du projet

4.3.1 Pourquoi ce projet ?

Le secteur industriel étant en constante évolution, le maintien de la productivité et de l'efficacité est un besoin pressant pour chaque entreprise, et toute perte de temps, de ressources ou d'énergie coûte très cher.

Pour éviter cette perte, chaque entreprise doit apprendre à gérer ses activités et ses informations de manière efficace et pratique, c'est pourquoi de nombreuses entreprises utilisent l'ERP. Le projet comprenait la sélection d'un ERP open source adapté à l'entreprise pour améliorer ses performances en termes de traçabilité et de sécurisation des flux d'informations. Nous utilisons SysML pour modéliser les différents rôles des acteurs dans les systèmes d'entreprise et les relations entre eux.

4.3.2 Problématique :

La problématique dans notre projet consiste à :

- Déterminer le besoin de l'entreprise pour le système d'information à choisir.
- Réaliser un processus de production.
- Définir les nomenclatures des différents produits fabriqués.
- Définir les gammes de fabrication.

4.3.3 L'objectif du projet

- Sélectionner trois ERP open source.
- Déterminer les spécifications imposées par le processus de fabrication et les besoins de l'entreprise.
- Comparer entre les trois ERP selon les spécifications prédéfinies.
- Concevoir et développer un ERP pour l'entreprise. Principalement pour les modules stock et production.

4.4 La sélection des trois ERP

L'entreprise a besoin d'un système ERP open source et évolutif. Sur la base de ces exigences, nous avons identifié et sélectionné des ERP. Après nos recherches, nous avons finalement pu choisir :

- Odoo 12 community.
- Axelor.
- ERPNext.

4.4.1 Comment avons-nous effectué ce choix ?

Dans un premier temps, nous nous sommes basés sur le langage de programmation Python ou Java. Alors qu'Odoo 12 et ERPNext supportent python et Axelor supporte Java.

Par contre, nous avons pris Odoo 12 car nous travaillions déjà avec la version 9. Nous avons également constaté que de nombreuses sociétés algériennes l'utilisent, ce qui montre sa notoriété et son ingéniosité. Pour Axelor, c'était le choix de l'entreprise. Après, nous avons décidé d'ajouter dans la sélection ERPNext parce que c'est un logiciel ERP Cloud gratuit et agile. Il dispose d'une seule plateforme pour répondre à différents besoins. Il est modulaire par nature, tout est organisé en interne, et tout type de personnalisation simple à modérée peut être réalisé avec très peu de code.

4.5 Le processus de production dans l'entreprise

Le processus d'emballage à "Cartonnerie El-Amine" est très bien géré. Après réception de la commande, les techniciens fabriquent le produit selon les souhaits du client. Le processus se déroule en plusieurs étapes principales qui varient selon que la boîte est unie (blanche) ou imprimée (couleur) et aussi selon les options de finition (peinture, vernis). De nombreuses compétences sont requises dans cette conception, qui est liée à la forme de l'emballage et à la faisabilité de sa mise en œuvre : originalité, économie de matériaux, automatisation de la découpe et de l'assemblage, caractère artistique du décor mis en œuvre en infographie.

4.5.1 Définition technique des différentes phases du processus

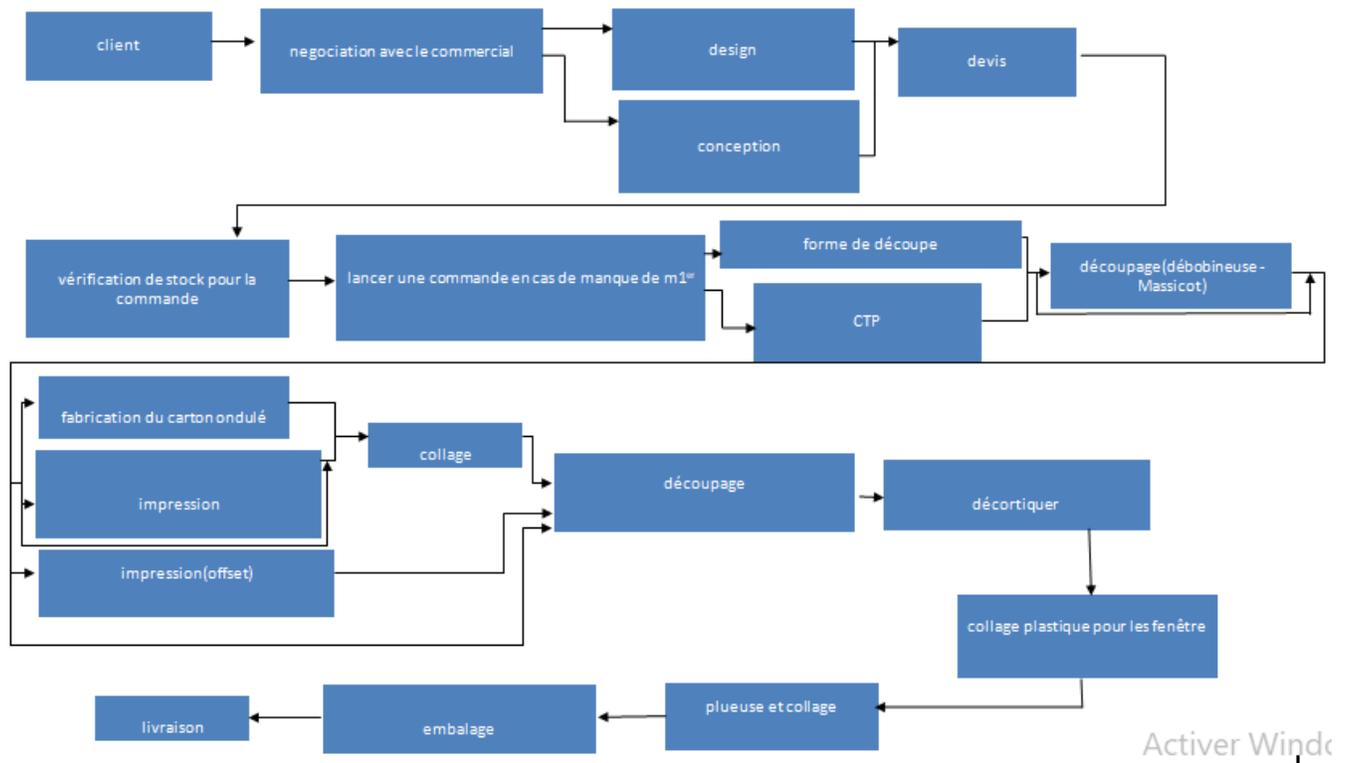


FIGURE 4.1 – Le processus de production dans l'entreprise

1. Bon à Tirer :

Il s'agit de la dernière étape du développement de l'emballage avant sa mise en production. Les exigences du client ont été prises, le prix a été convenu, la commande a été passée et l'estimation a été faite.

Le client donne deux accords pour vérification : l'un pour la forme et la taille, l'autre pour le

graphisme. Parfois, ce choix est laissé à l'entreprise. Des fois le client demande un échantillon.

2. La conception :

Cette étape se divise en deux opérations :

La conception de la boîte :

Utilisant deux logiciels pour schématiser la forme : Picador (pour packaging) et AutoCAD puis le dessiner à l'aide d'une table traçante c'est une machine à commande numérique.

La forme de découpe :

Il s'agit d'un emporte-pièce à plat (ou gabarit ou matrice). Au moyen d'un laser, la forme de la boîte est gravée en utilisant des lames (ou grilles) d'acier tranchantes avec indication des lieux de pliage et de découpe, et elles sont combinées sur un support en bois de 18 mm d'épaisseur.

3. Design (Infographie) :

Le bon à tirer se présente sous la forme d'un document numérique (PDF) et si nécessaire, il peut être imprimé sur du papier spécial calibré. Il appartient au client et au client seul (de sa responsabilité) de vérifier et valider les textes, images, couleurs et mise en page.

4. CTP (Computer-To-Plate) :

Après accord du client sur le graphisme, nous procédons à l'insolation des plaques offset grâce au procédé « computer to plate » qui permet d'insoler les plaques offset directement des fichiers numériques à l'aide de fichiers numériques laser. En préparant les fournitures nécessaires (choix des couleurs, des plaques d'impression, des formes de découpe, etc.), les techniciens analysent les caractéristiques de la boîte appropriées au produit à emballer et à ses applications, afin de choisir les meilleurs matériaux pour sa fabrication.

5. L'impression :

Avant l'impression on passe par l'étape de découpage massicot (pour couper la feuille) ou débobi-neuse (car certaines matières premières sont sous forme des bobines donc on passe par cette étape pour avoir des feuilles).

Une fois les plaques offset sont prêtes, elles partent vers la presse pour l'impression. Une presse offset se compose de cinq groupes d'impressions, chacun pouvant accueillir un processus de quadri-

chromie (jaune, cyan, magenta ou noir,) couleur Pantone plus un ensemble de vernis protecteur et brillant. Après impression, ces matériaux sont testés pour leur qualité et méticuleusement transformés selon les besoins (vernissage, laminage, etc.) afin d'améliorer les produits qui y seront conditionnés.

6. Découpage (selon la forme de découpe) :

Les principes de découpe les plus courants sont ceux, très simples, pour une technique de poinçonnage, de manière automatique ou semi-automatique. Le matériau (carton) est fixé entre la forme et la contre-forme qui est plaquée contre d'autres morceaux de carton à l'emplacement d'un ou plusieurs futurs emballages.

7. Pliage et collage :

Après impression et découpe, il faut plier et coller le carton pour lui donner son aspect définitif. Ce processus est effectué automatiquement par des machines qui plient et collent la boîte, la finissent et la préparent pour l'emballage et l'utilisation par le client. D'autres travaux peuvent être réalisés comme la pose d'une fenêtre transparente, la pose d'accessoires (poignée, perforation, masking tape...etc.).

4.6 Choix de l'échantillon des produits :

Nous avons choisi un échantillon de produits variés réalisés au sein de l'entreprise pour l'utiliser dans les tests des ERP.

Le choix a été fait selon le processus de production, c'est-à-dire pour répondre au maximum de nombre de chemins par lesquels le produit devra passer, pour avoir un produit fini, et selon le type de matières premières dont on aura besoin.

Type de boîte	Dimension(cm)	Type de carton	Grammage	Poses
Boîte standard	08/4 (16*16/4)	Blanc /Gris	280g	4 Poses
Boîte pâtisserie personnalisée(Algéroise)	20*20/8	BBTB	275g	1 Pose
Plastron personnalisé(DENIZ)	L :6,2 H :29	BBTB	350g	8 Poses
Boîte imprimée contre-collée (Mega papier bleu)	L :59,2 H :82,6	MEK	Craft :110g Simple :110g	1 Pose
Boîte avec fenêtre (DENIZ)	L :35,5 H :33,7 fenêtre(7*13,8)	BBTB	325g	2 Poses
Feuille simple face	L :64,6 H :51,5	Maron	Craft :110g Simple :110g	

TABLE 4.1 – Tableau de l'échantillon

4.7 La nomenclature

4.7.1 Définition

La nomenclature, ou BOM (Bil Of Material en Anglais), est une liste complète des matières premières, des pièces et des outils nécessaires à la fabrication d'un produit particulier. La nomenclature doit également inclure les composants et sous composants du produit, ainsi que les quantités requises de chacun.

En règle générale, BOM intervient dans les étapes de conception, de production et d'assemblage du produit. La nomenclature est généralement dans un format hiérarchique, le niveau supérieur représentant le produit final et le niveau inférieur représentant les composants et matériaux individuels. La liste des matériaux et des documents associés décrit les matériaux nécessaires pour créer et configurer une ressource. Tous les fabricants de produits, quel que soit leur secteur d'activité, commencent par créer une nomenclature. Étant donné que la nomenclature collecte toutes sortes d'informations sur les produits, il est courant que de nombreuses disciplines (conception et ingénierie, gestion des documents, opérations, fabrications, achats, sous-traitants, etc.) collaborent sur les informations sur les produits contenues dans la nomenclature pour permettre une production précise.

Pour résumer, la nomenclature est un inventaire de tous les éléments essentiels à la fabrication d'un produit. La création d'une nomenclature détaillée est un processus essentiel pour réduire les coûts des opérations d'entrepôt de nos jours.

4.7.2 Pourquoi on utilise une nomenclature ?

Une nomenclature bien définie sert à :

- Planifier des achats de matières premières : déterminer les matières premières à acheter et leur quantité pour fabriquer un produit, ce qui permet de réduire les coûts en évitant les surstocks de matières premières.
- Déterminer le coût de la matière : en plus de la matière première, il faut prendre en compte le coût associé au matériel qui doit être utilisé pour manipuler cette matière première, qu'il s'agisse de simples ciseaux, de pistolets à colle ou de nombreuses machines de découpe complexes .
- Éviter les ruptures de stock : l'usine de production doit toujours disposer des matières premières nécessaires à la fabrication du produit sans interruption.
- Dépannage et réduction : la nomenclature définit tous les processus associés à la fabrication du produit. Le respect de ces instructions spécifiques à chaque étape réduit le risque d'erreur et facilite la découverte du lieu et du moment de l'accident (traçabilité du produit).
- Les nomenclatures aident les fabricants à respecter leur budget et leur calendrier.

D'un autre côté, la non-utilisation de nomenclature augmente le risque d'erreurs coûteuses et chronophages. Cela peut inclure des pénuries ou des excès de matériaux, des arrêts de production pendant la collecte des matériaux et des frais d'expédition supplémentaires pour compenser les retards passés.

4.7.3 Types de nomenclature (BOM)

Il existe différents types de nomenclatures adaptées et personnalisées en fonction de l'objectif et des besoins de l'entreprise. Les principaux types de listes de matériaux sont :

- MBOM (Manufacturing Bill Of Materials) : la nomenclature comprend tous les assemblages et pièces nécessaires pour fabriquer un article fini prêt à être expédié. Il comprend également les matériaux d'emballage nécessaires pour expédier le produit au client. Il contient les opérations qui doivent être effectuées sur le produit avant sa réalisation et stocke toutes les informations nécessaires aux activités de fabrication. Les informations MBOM sont utilisées pour calculer quand les articles sont achetés et quand l'ordre de fabrication doit être lancé. MBOM aide le service des achats à déterminer la périodicité d'achat des articles et à négocier un meilleur prix avec les fournisseurs correspondants.
- EBOM (Engineering Bill of Materials, Engineering Terminology) : est créé par les ingénieurs pro-

duits lors de la phase de conception et est souvent basé sur un dessin CAO (Conception Assistée par Ordinateur) ou EDA (pour "Electronic Design Automation" en anglais). Il indique comment le produit final a été conçu à l'origine. Avoir une EBOM précise et essentiel, notamment dans le cadre d'un lancement de nouveau produit, car c'est le document qui garantit que les articles et les pièces sont disponibles au moment de la fabrication de l'article. Il existe généralement plusieurs EBOM pour le produit, car la conception subit de nombreuses révisions.

- SBOM (Service Bill of Materials) : est une liste des étapes d'installation et de réparation ainsi que de tous les composants réparables qui doivent être pris en compte lors de la maintenance technique, afin d'assurer le bon fonctionnement du produit.
- Facture de vente du matériel (Sales Bill Of Materials) : représentent les calendriers de vente qui montrent les détails du produit fini dans son intégralité avant son assemblage et pendant la phase de vente. Dans ce type de liste, le produit final et ses composants sont répertoriés séparément dans le bon de commande.

4.7.4 Structure et conception de nomenclature :

La conception de la nomenclature doit être claire et concise. Liste hiérarchique et quantitative d'articles qui composent un article principal, appelé article composite, les autres articles sont appelés composants. Nous appelons le lien d'étiquette, le groupe de composants, chaque lien comporte un paramètre, il indique la quantité de l'ingrédient dans le complexe, le niveau le plus élevé indiquant le produit final et les niveaux les plus bas indiquant les composants et les sous-composants. La nomenclature comporte plusieurs niveaux. Selon l'accord, les produits finis sont affectés au niveau 0. À chaque décomposition, on passe du niveau n au niveau $n + 1$.

On distingue deux structures de nomenclature selon l'étape à laquelle on se trouve dans l'élaboration du produit, la complexité de la pièce, et le chemin restant à parcourir pour atteindre le produit fini :

Nomenclature a un niveau :

Moins détaillée, pour des produits moins complexes. Cette nomenclature répertorie les ingrédients et la quantité correspondante requise pour fabriquer le produit final.

Nomenclature multiniveaux :

Il s'agit d'une liste plus détaillée décrivant tous les matériaux nécessaires à la fabrication d'un

produit. Il comprend plusieurs niveaux avec leurs composants et sous composants, leurs relations et leur quantité.

4.7.5 Les éléments nécessaires d'une bonne nomenclature :

- Niveau de nomenclature :

Il s'agit du numéro correspondant au niveau hiérarchique affecté à chaque composant dans la nomenclature. Le niveau 0 est le produit final, 1 représente les composants, 2 représente les sous composants..etc. Les niveaux de la nomenclature permettront à chacun de comprendre plus facilement la structure et tous les éléments qui la composent.

- Numéro de pièce :

Attribuer à chaque élément de la nomenclature un numéro de pièce unique, ce qui permettra à toute personne mêlée dans le cycle de fabrication de catégoriser et de trouver facilement des pièces.

- Description :

La liste comprend une description de chaque matériau ou composant qui permet d'identifier les pièces et de distinguer les pièces et les matériaux qui peuvent être identiques.

- Nom de la pièce :

Chaque pièce, matériau ou assemblage doit comprendre un nom détaillé et unique qui permet à quiconque dans l'usine de trouver la pièce sans avoir à effectuer de recherche.

- Phase :

C'est d'enregistrer où chaque partie de la chaîne de production doit se trouver. Par exemple, pour les pièces en production, il est courant d'utiliser un terme tel que "en production" pour désigner l'étape à laquelle se trouve une pièce, où les nouvelles pièces qui ne sont pas encore utilisées peuvent être classées comme "en stock" ou " dans la conception".

- Type d'approvisionnement :

C'est comment obtenir chaque pièce. Par exemple, déterminez si une pièce doit être achetée auprès d'un détaillant ou bien fabriquant selon les exigences du projet.

- Quantité :

Pour chaque composant utilisé dans chaque lot selon la nomenclature, le nombre d'unités requis doit être spécifié. Cela est nécessaire pour assurer un flux de production ininterrompu.

- Unité de mesure :

L'unité de mesure utilisée pour identifier la pièce ou le matériau doit être indiquée dans la nomen-

clature. Cela garantit que des quantités précises sont achetées et livrées au magasin.

- Notes sur la BOM :

Toutes les informations supplémentaires et pertinentes pour tous les composants de la nomenclature, à l'exception des autres éléments de la nomenclature, doivent être combinées pour créer le produit.

4.7.6 La nomenclature des échantillons :

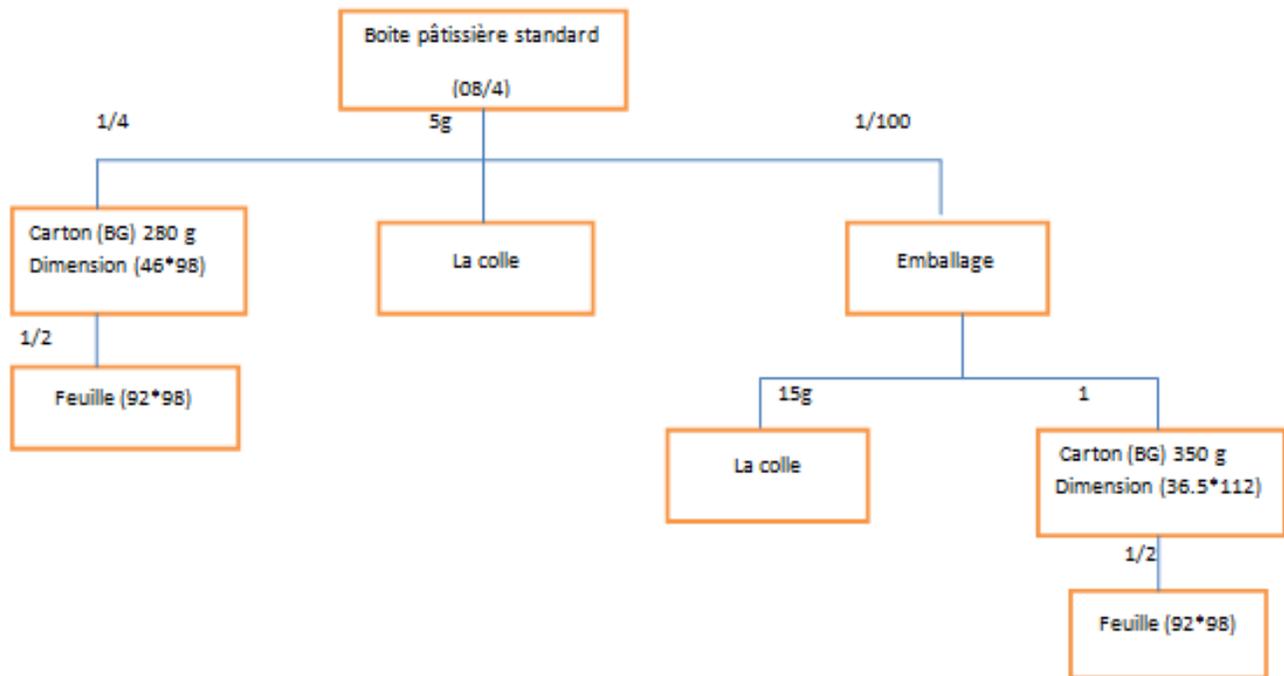


FIGURE 4.2 – La nomenclature de la boîte pâtissière standard

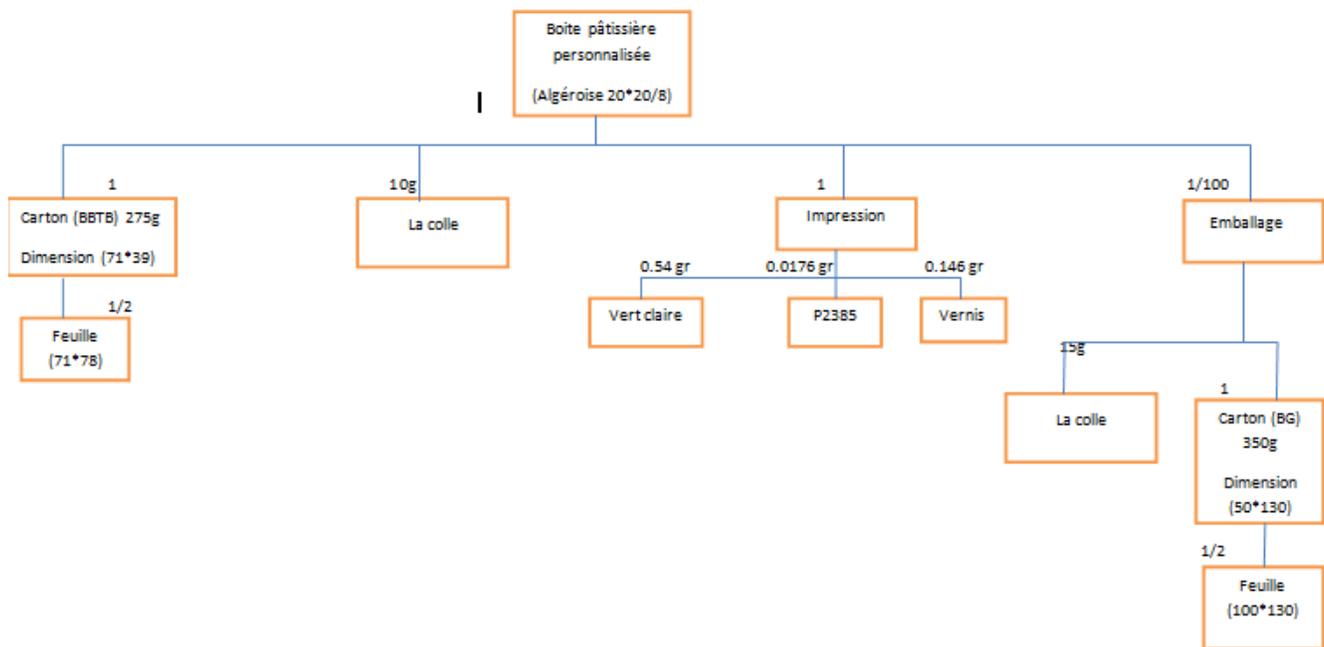


FIGURE 4.3 – La nomenclature de la boîte pâtissière personnalisée(Algéroise)

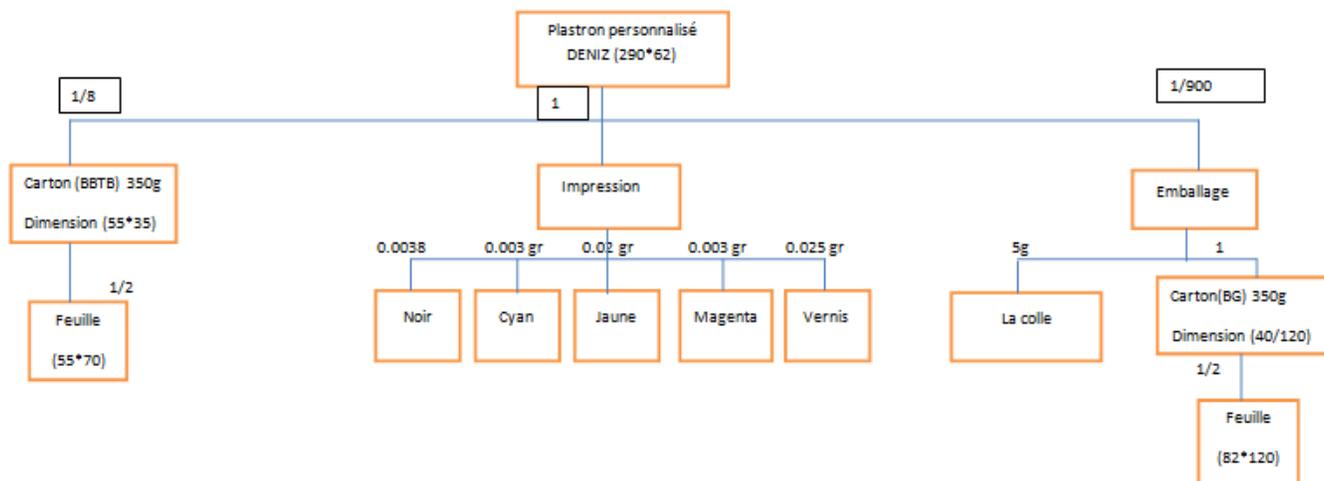


FIGURE 4.4 – La nomenclature du Plastron personnalisé DENIZ

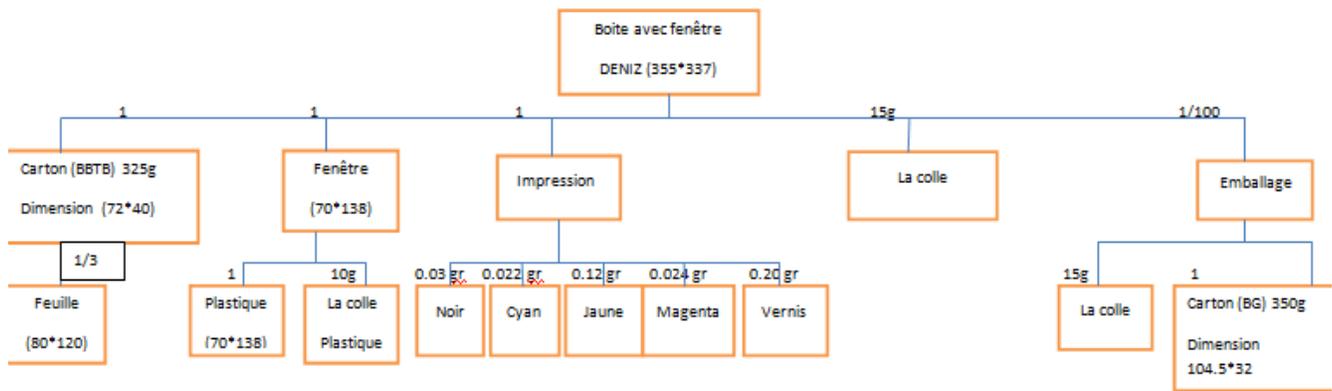


FIGURE 4.5 – La nomenclature de la boîte DENIZ avec fenêtre

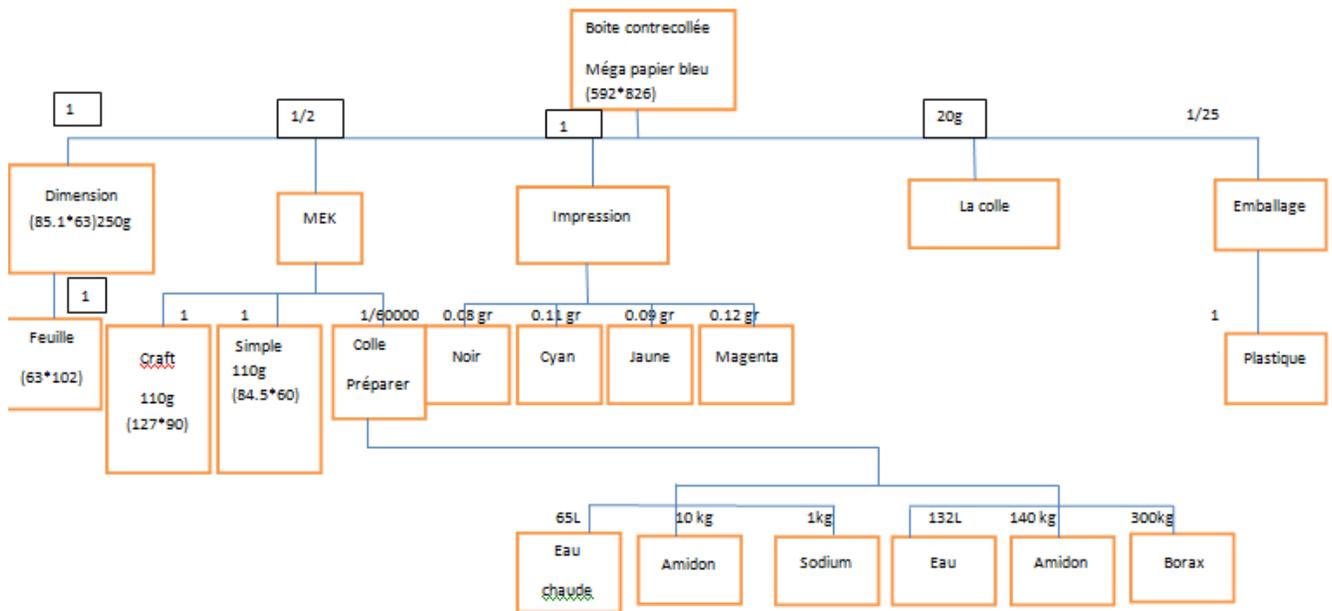


FIGURE 4.6 – La nomenclature de la boîte contre-collée Mega Papier bleu

4.8 La gamme de fabrication :

4.8.1 Qu'est-ce qu'une gamme de fabrication ? :

La gamme est un document qui décrit la séquence logique et ordonnée des opérations nécessaires à la production d'un article. Considérée comme composante essentielle du modèle de production, la gamme est intégrée à l'éditeur de modèle de production du poste de travail, données

de base de planification et de production. L'échelle de fabrication est essentielle pour créer un modèle de production cohérent.

La gamme de fabrication est liée à la nomenclature, qui est la liste et la quantité de composants à mettre en œuvre aux différentes étapes de la gamme. Les ordres de fabrication lancés en production sont liés à un périmètre précisant la quantité à produire, la date prévue, etc.

Il est divisé en deux parties : vue structurée et planification. La structure de nomenclature définit les chemins de processus qui seront utilisés dans l'exécution de la production, tandis que la vue de page fournit un petit formulaire de nomenclature contenant uniquement les données de planification pertinentes.

n° opération	poste de charge	temps de réglage	temps unitaire
n°10			
n°20			
n°30			
...			

Libellé gamme : Code gamme :

FIGURE 4.7 – Le contenu d'une gamme de fabrication

Temps de réglage (ou temps fixe) :

C'est le temps nécessaire pour préparer l'opération (préparation du poste, réglage, montage d'outils...) afin de pouvoir assurer la production. Ce temps ne dépend pas de la quantité à produire.

Temps unitaire :

C'est le temps nécessaire pour fabriquer une pièce, une fois que le poste est prêt.

Poste de charge :

C'est le poste sur lequel doit se dérouler la tâche. Selon le niveau de précision que l'on souhaite avoir sur le niveau de charge de l'atelier, le calcul des coûts de fabrication et la traçabilité de la fabrication, une usine correspondra à une machine, à un groupe de machines monolithiques ou même à un atelier entier (homme / machine).

L'objectif de cette gamme est de calculer la charge de travail et les délais d'obtention. Seules

les données nécessaires à ce but figurent dans le descriptif.

4.8.2 La gamme de fabrication des échantillons :

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	Conception	Conception boîte	1h	40 min	AutoCAD Picador Table tracente
2	Conception	Forme de découpe	35min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 machine à laser
3	Massicot	Découpage	10 min	0.02 min	Selon les dimensions de la feuille
4	Découpe automatique	découpage	3h	0.01 min	Les citos Découpage selon la forme de découpe
5	Décorticage	Décorticage			operateur
6	Plieuse colleuse	Pliage et collage	2h	0.003 min	
7	Emballage	Emballage			Selon le type de la boîte operateurs

FIGURE 4.8 – La gamme de fabrication de la boîte pâtissière standard

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	Conception	Conception boîte		30 min	AutoCad Picador
2	Conception	Forme de découpe	35 min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 machine à laser
3	Massicot	découpage	10 min	0.02 min	Selon les dimensions de la feuille
4	Découpe automatique	Découpage	3h	0.01min	Les citos Découpage selon la forme de découpe
5	Décorticage	Décorticage			operateur
6	Plieuse colleuse	Pliage et collage	2h	0.003 min	

FIGURE 4.9 – La gamme de fabrication d'emballage

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	infographie	Design		4 h	Adobe Illustrator
2	Conception	Conception boite	1h	40 min	AutoCad Picador Table traçante
3	CTP	Prépresse	10 min	5 min	Logiciel de la machine (cockpit)
4	Conception	Forme de découpe	35 min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 machine à laser
5	Massicot	Découpage	10min	0.02min	Selon les dimensions de la feuille
6	offset	Impression	2h	0.012min	Les plaques CTP Contrôle qualité
7	Découpe automatique	découpage	3h	0.01min	Les citos Découpage selon la forme de découpe
8	décorticage	Décorticage			Opérateur
9	Plieuse colleuse	Pliage et collage	2h	0.006min	
10	Emballage	Emballage			Selon le type de la boite Operateurs

FIGURE 4.10 – La gamme de fabrication de la boîte pâtissière personnalisée (Algéroise)

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	infographie	design		4h	Adobe Illustrator
2	Conception	Conception boîte	1h	40 min	AutoCad Picador Table traçante
3	CTP	Prépresse	10min	5 min	Logiciel de la machine (Cockpit)
4	Conception	Forme de découpe	35 min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 machine à laser
5	Massicot	Découpage	10min	0.02min	Selon les dimensions de la feuille
6	offset	Impression	2h	0.012min	Les plaques CTP Contrôle de qualité
7	Découpe automatique	découpage	3h	0.01min	Découpage selon la forme de découpe Les citos
8	Décorticage	Décorticage			opérateur
9	Emballage	Emballage			Selon le type de la boîte Opérateurs

FIGURE 4.11 – La gamme de fabrication de plastron personnalisé DENIZ

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	Infographie	design		4h	Adobe Illustrator Table traçante
2	Conception	Conception boîte	1h	1h	AutoCad picador
3	CTP	Prépresse	10min	5 min	Logiciel de la machine(Cockpit)
4	Conception	Forme de découpe	35 min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 machine à laser
5	Massicot	Découpage	10min	0.02min	Selon les dimensions de la feuille
6	Offset	Impression	2h	0.012min	Les plaques CTP Contrôle de qualité
7	Découpe automatique	découpage	3h	0.01min	Les citos Découpage selon la forme de découpe
8	Décorticage	Décorticage			
9	Automatic window patching machin RT-1080	Collage plastique	2h		Selon les dimensions de la fenêtre
10	Plieuse colleuse	Pliage et collage	2h	0.003 min	
11	Emballage	Emballage			Selon le type de la boîte

FIGURE 4.12 – La gamme de fabrication de la boîte DENIZ avec fenêtre

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	infographie	design		4h	Adobe Illustrator
2	Conception	Conception boite	1h	40 min	AutoCad Picador Table traçante
3	CTP	Préresse	10min	5 min	Logiciel de la machine (Cockpit)
4	Conception	Forme de découpe	35 min	3h30min	AutoCad Centreuse TSP-830 Machine à laser
5	offset	Impression	2h	0.012min	Les plaques CTP Contrôle qualité
6	Contre colleuse ((Auto Flute LAMINATOR)	Collage			
7	Découpage semi automatique	Découpage	3h	0.04min	Selon la forme de découpe Les citos
8	Décorticage	Décorticage			Operateur
9	Pliuse colleuse	Pliage et collage	2h	0.02min	
10	Emballage	Emballage			Selon le type de la boite Operateurs

FIGURE 4.13 – La gamme de fabrication de la boite contrecollée Méga papier bleu

N° opé	Poste	Opération type	Tps fixe	Tps unitaire	Commentaires
1	Mélangeur	Préparation de la colle		0.045 s	Selon une recette
2	Onduleuse	Fabrication de carton	2h30min	0.008 min	Disque pour petite calure (E)

FIGURE 4.14 – La gamme de fabrication de carton simple face MEK

4.9 Modélisation du système de l'entreprise :

4.9.1 Diagramme de cas d'utilisation de système :

1. Les acteurs du système :

Le client : acteur incontournable de l'entreprise, est celui qui passe la commande du produit qu'il souhaite.

Commercial : il est le directeur des ventes, gère les commandes et les factures des clients.

Responsable design : il est le responsable de l'infographie, sa tâche est de répondre au désir du client et de l'aider à choisir les couleurs et à créer un design, et il crée un paramétrage de couleurs qui aide au processus d'impression ultérieure.

Responsable conception : c'est lui qui réalise l'échantillon pour le client, conçoit la boîte et aussi la forme de découpe.

Responsable CTP : c'est le responsable de la fabrication des plaques CTP .

Acheteur : la personne en charge des achats de matières premières, gère les fournisseurs.

Responsable de production : multitâche, c'est la personne qui envisage de réaliser le produit, qui est responsable de la chaîne de production.

Gestionnaire du stock : il est responsable de la gestion des stocks (matières premières et produits finis), et est également en contact avec les chauffeurs, les distributeurs et les transporteurs.

2. Les scénarios fournis par ce système :

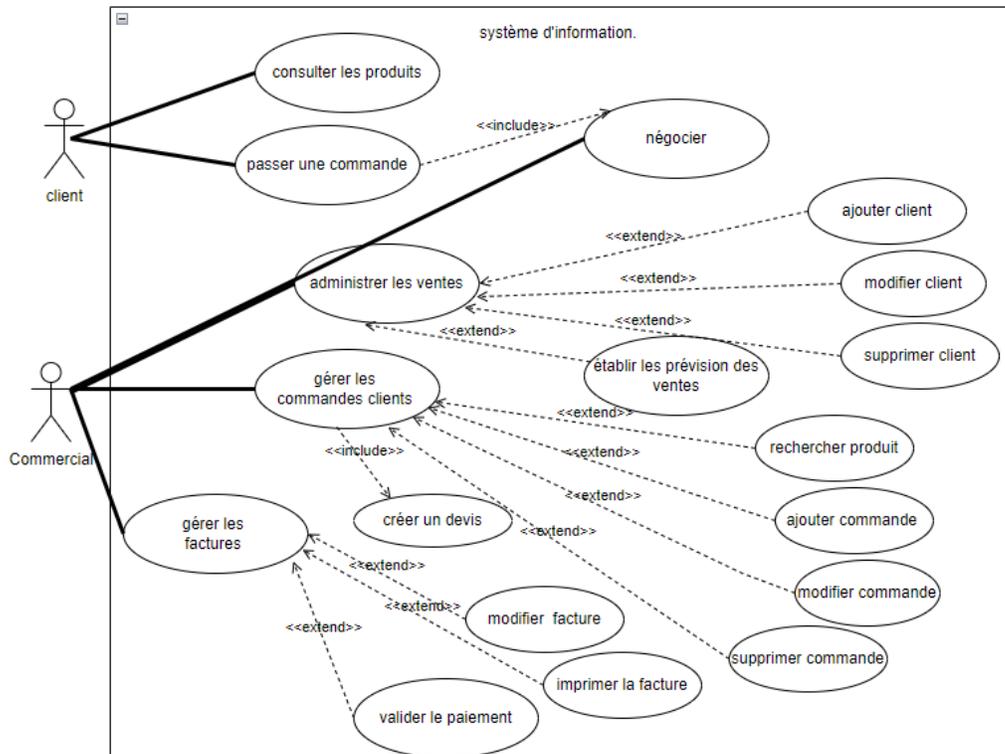


FIGURE 4.15 – Diagramme de cas d'utilisation de gestion des ventes

- Consulter les produits : prend un aperçu des produits et de la qualité de l'entreprise.
- Passer une commande : le client commande un produit personnalisé ou standard, avec ses exigences.
- Négocier : la négociation se fait entre le client et le commercial sur les exigences (les dimensions de la boîte, les couleurs et le design, la quantité et le prix ...).
- Administrer les ventes : l'administration des rapports avec les clients ainsi que les ajouter, modifier ou les supprimer, après la vente de ses produits ou services, et établir les prévisions des ventes.
- Gérer les commandes clients : recherche de produits en cas de commande standard. Créer un devis après négociation, ajouter, modifier ou supprimer ainsi des clients en fonction de leur contact avec le commercial.

- Gérer les factures : en rectifiant la facture en cas de changement de prix, puis en vérifiant le paiement lorsque le client s’acquitte de sa cotisation. La facture peut alors être imprimée pour rester comme justification.

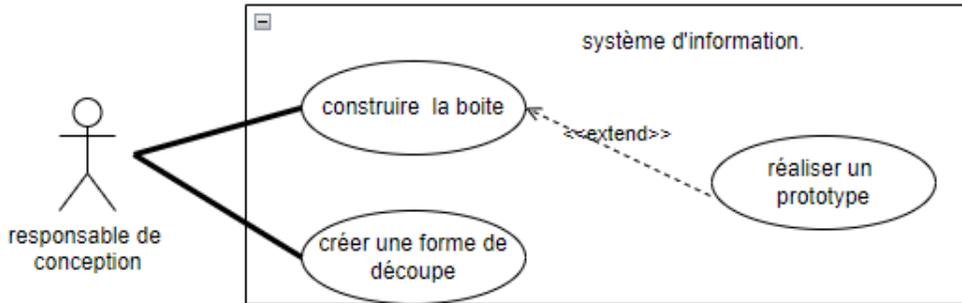


FIGURE 4.16 – Diagramme de cas d’utilisation de la conception

- Construire la boîte : prendre les dimensions en fonction de la demande et la transférer à un échantillon, dans le cas où le client souhaite voir un prototype. Sinon, le schéma de la boîte est suffisant.
- Créer une forme de découpe : accorder la géométrie finale de la boîte (où vous devez plier, couper et coller). Il est fait en fonction d’un tracé qui lui ait transmis à partir du fichier PDF.

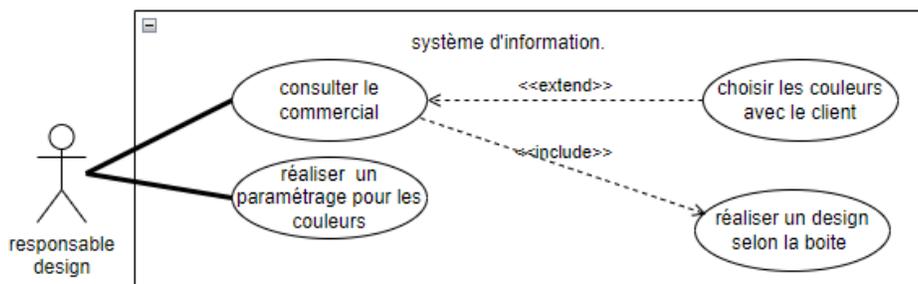


FIGURE 4.17 – Diagramme de cas d’utilisation de la phase de design

- Consulter le commercial : pour obtenir les informations du client pour réaliser un design avec les couleurs qu’il souhaite.
- Réaliser un repérage pour les couleurs : après avoir pris la demande du client, le repérage des couleurs doit se réaliser, ce qui va aider à l’impression de sorte qu’il n’y ait pas un

décalage des couleurs.

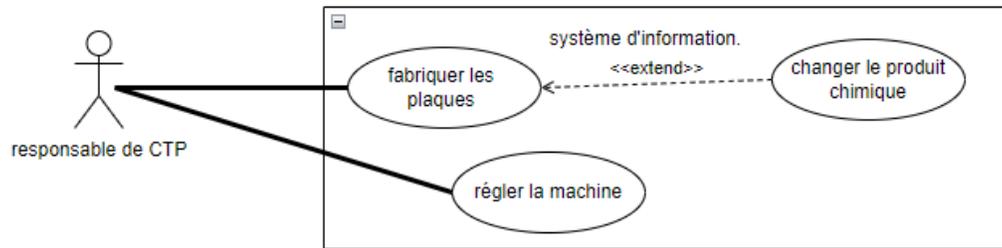


FIGURE 4.18 – Diagramme de cas d'utilisation de CTP

- Fabriquer les plaques : les images digitales sont en RVB et doit être converties en CMJN à l'aide d'un logiciel pour fabriquer les plaques différentes produisant les impressions. Une surimpression est préparée pour chaque couleur, et est utilisée pour fabriquer la plaque liée à sa couleur dans la presse.

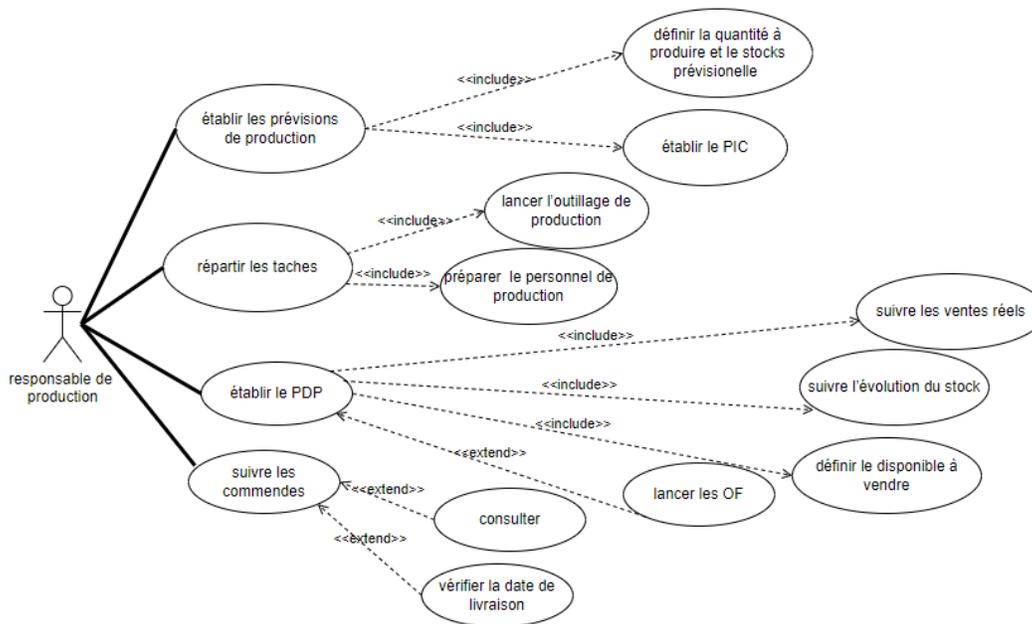


FIGURE 4.19 – Diagramme de cas d'utilisation de la gestion de production

- Répartir les tâches : préparer le personnel de production et lancer l'outillage de production.
- Établir le PDP : prévision mois par mois du niveau de ventes qu'espérer atteindre, définissant le disponible à vendre. Suivre l'évolution du stock, pour qu'en peut lancer des ordres de fabrication sans erreur.
- Suivre les commandes : consulter les employées pour savoir l'état d'avancement de produit

(la traçabilité). Consulter le personnel pour connaître l'évolution du produit (suivi), afin de le préparer à temps et le livrer.

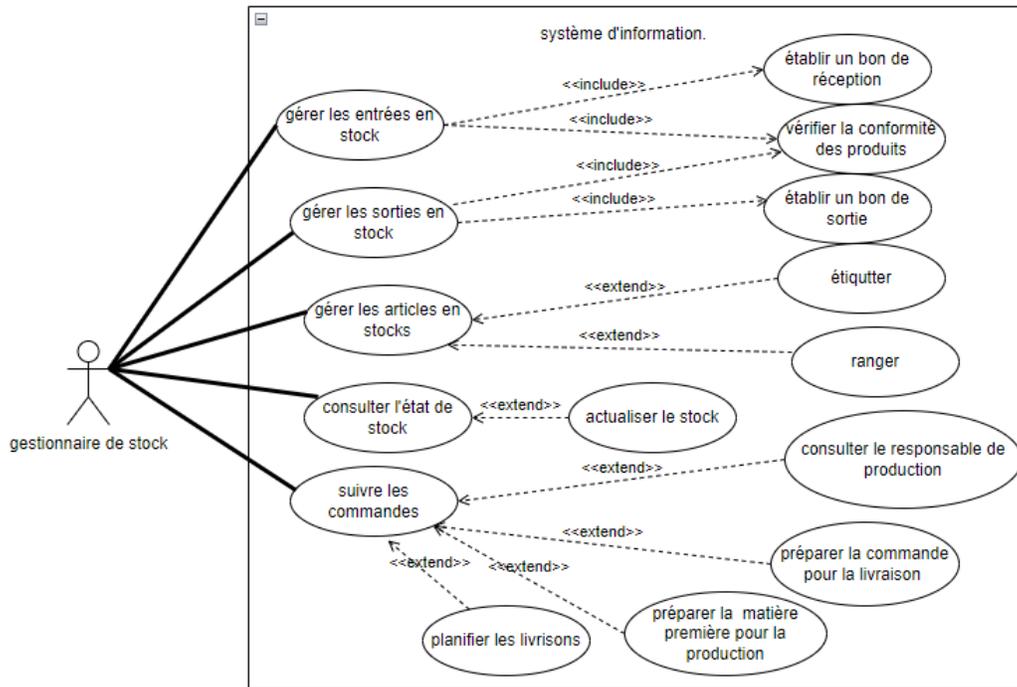


FIGURE 4.20 – Diagramme de cas d'utilisation de la gestion de stock

- Gérer les entrées en stock : établir le bon de réception et vérifier la conformité des marchandises qui entrent en stock.
- Gérer les sorties en stock : établir le bon de sortie et vérifier la conformité des marchandises qui sortent de stock.
- Gérer les articles en stock : l'étiquetage et le rangement des articles, et établir une fiche de stock pour chaque article qui indique le mouvement du stock dans le magasin.
- Consulter l'état de stock : actualiser le stock, et vérifier le niveau du stock pour éviter la rupture et le surplus du stock.
- Suivre les commandes : consulter le responsable de production sur les commandes pour préparer la matière première pour la production, et après il fait préparer la commande et planifier la livraison au client.

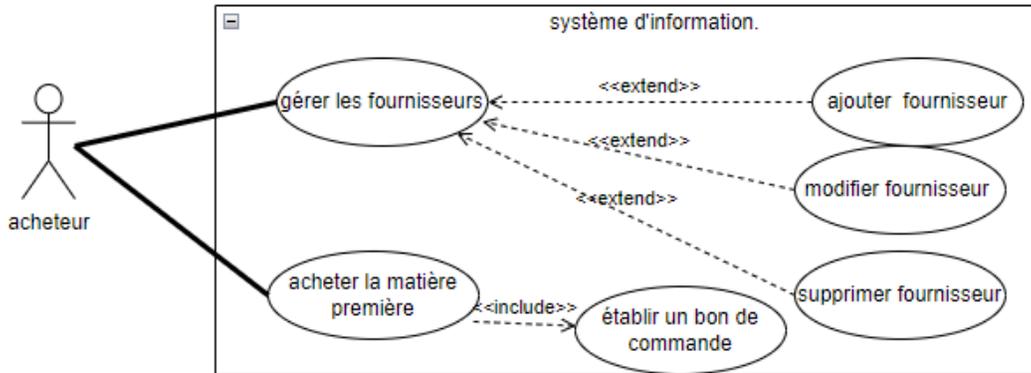


FIGURE 4.21 – Diagramme de cas d'utilisation de la gestion des achats

- Gérer les fournisseurs : rechercher des fournisseurs, les contacter et sélectionner les meilleurs d'entre eux, ainsi que les modifier ou les supprimer en fonction des besoins de l'entreprise.
- Acheter la matière première : une fois les fournisseurs ont été sélectionnés, l'acheteur établit des commandes pour l'achat de matières premières.

4.9.2 Diagramme de séquence de système :

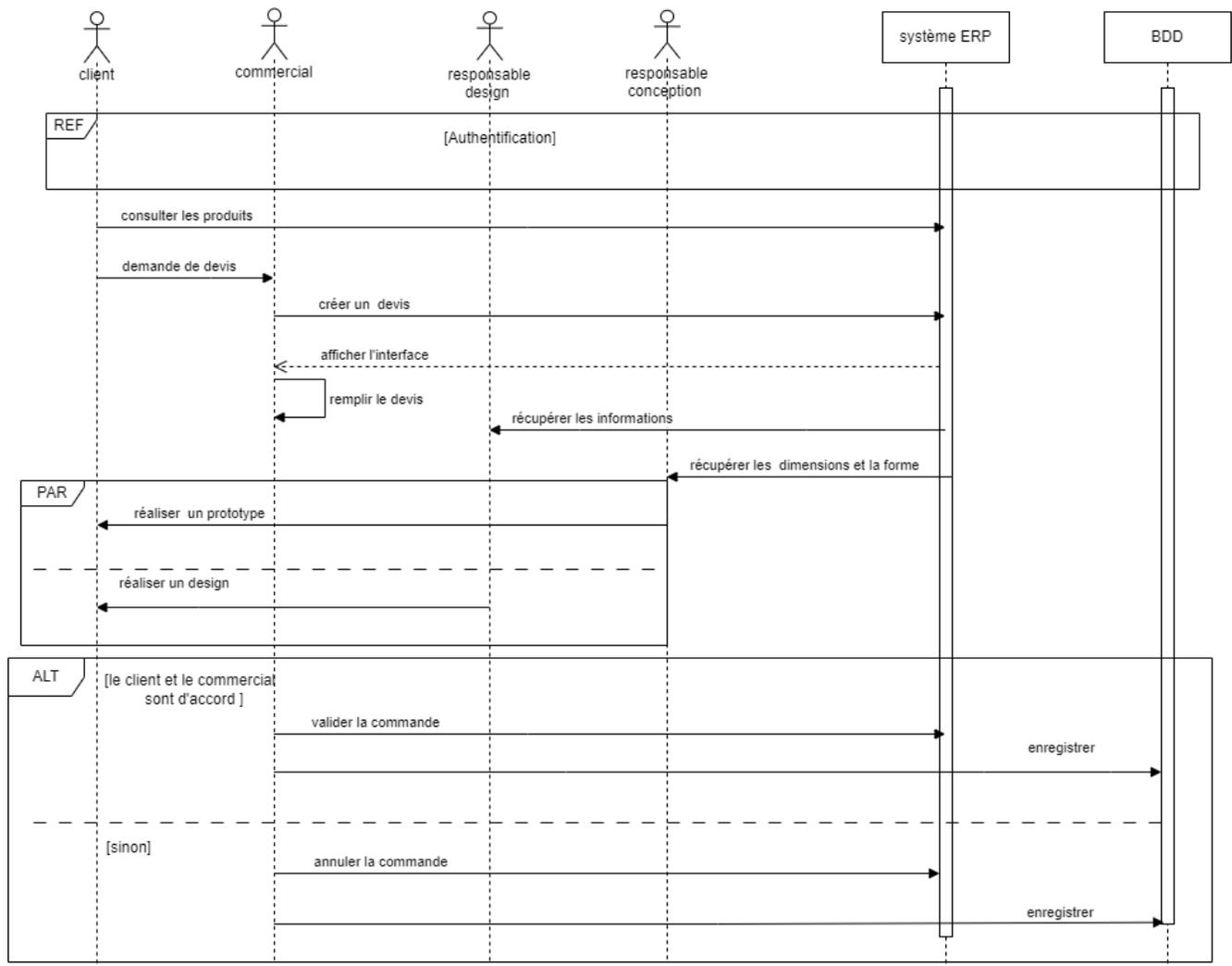


FIGURE 4.22 – Diagramme de séquence de gestion des commandes

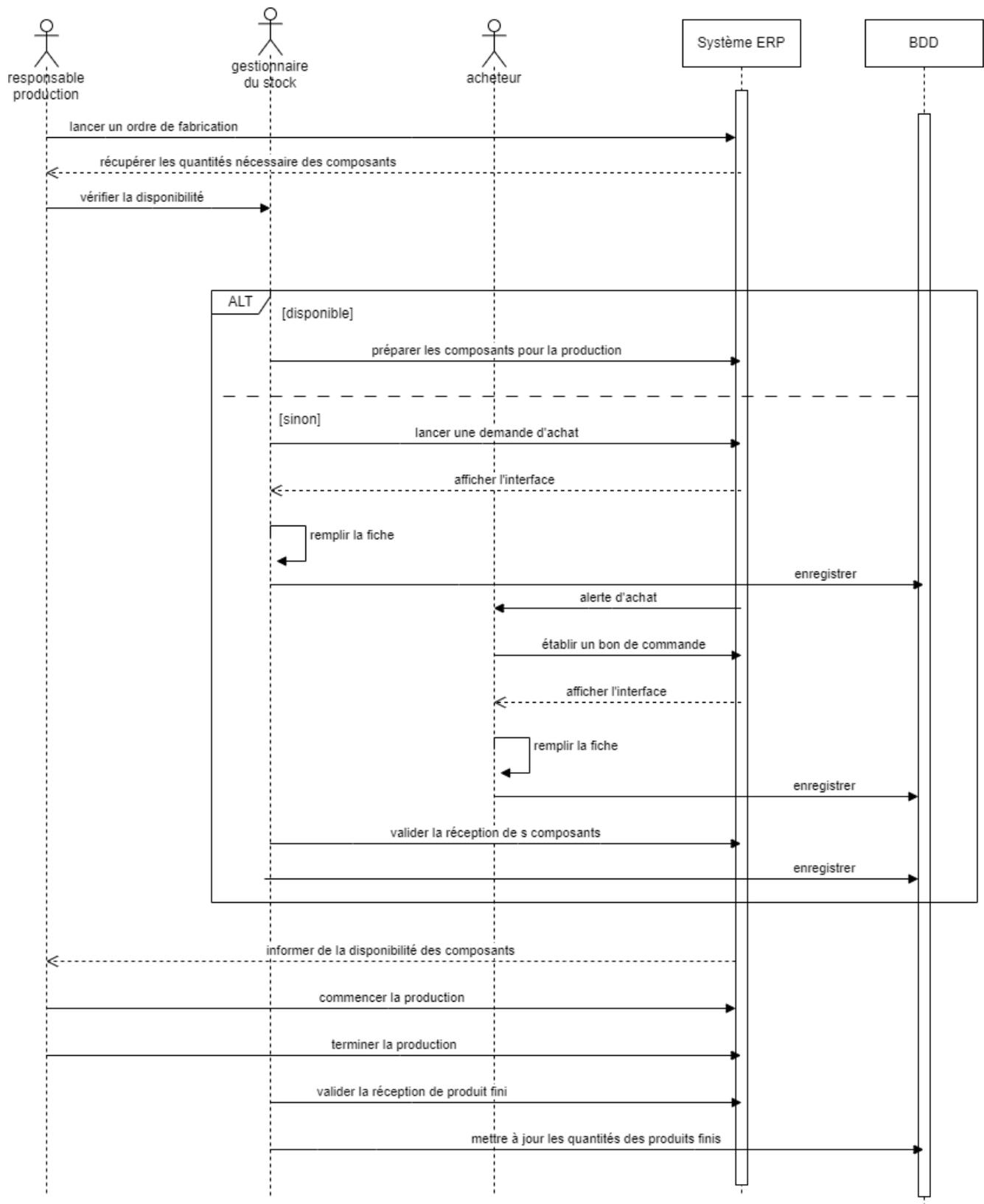


FIGURE 4.23 – Diagramme de séquence de gestion de production et stock

4.9.2.1 Explication de diagramme :

1. Conception de devis : tous les utilisateurs du système doivent s'authentifier, même le client doit avoir un compte.

Le client consulte les produits existant dans le système, après il va passer une commande au commercial qui est le responsable de la réception des commandes.

Le commercial crée un bon de commande dans le système et remplit un devis qui contient les spécifications du client, la quantité et le prix.

Le responsable de design récupère les informations concernant les couleurs et le graphisme, et le responsable de conception récupère les dimensions de la boîte à partir du système.

Ces deux responsables réalisent un design et un prototype et les envoyer en parallèle au client.

Si le client et le commercial sont d'accord, ce dernier valide le bon de commande dans le système pour qu'il soit enregistré dans la base de données.

Sinon (si le client n'est pas d'accord ou bien le commercial) la commande s'annule dans le système par le commercial.

2. Production :

Le responsable de production lance un ordre de fabrication dans le système. Ce dernier va répondre pour que le responsable récupère les quantités nécessaires des composants (matière première, produit semi-fini. . .). À ce moment le chef de production vérifie la disponibilité des composants auprès de gestionnaire de stock.

Si la quantité est disponible, le gestionnaire de stock prépare les composants pour la production. Sinon (la quantité est indisponible ou insuffisante), le gestionnaire va lancer une demande d'achat dans le système. Une interface s'affiche, le gestionnaire de stock remplit la fiche et l'enregistre dans la base de données.

Le système renvoie à l'acheteur une alerte d'achat, ce dernier établit un bon de commande pour le système.

Le système affiche une interface, l'acheteur remplit la fiche et l'enregistre dans la base de données.

Le gestionnaire de stock valide la réception des composants au système, et met à jour la quantité des composants dans la base de données.

Après le système va informer le responsable de production que les composants sont disponibles.

Le chef de production informe le système que la production est commencée, puis qu'elle est termi-

née.

4.10 Les spécifications

Après la collecte et l'analyse des données de l'entreprise nous avons établi un cahier de charge (les spécifications) pour choisir l'ERP convenable. Le but du document est que chacun comprenne les objectifs et les caractéristiques pour la réussite du projet.

Id	Énoncé de l'exigence	Informations supplémentaires sur l'exigence	Type
X001	Un ERP doit être open source.		Administration ERP
X002	l'ERP doit être cloud, full web et application mobile.	Accéder au l'ensemble des applications métiers que ce soit depuis un smartphone, tablette ou ordinateur	Administration ERP
X003	La documentation d'un ERP doit être claire compréhensible et facile pour l'utilisateur.		Administration ERP
X004	La langue d'utilisation de l'ERP (arabe, français, anglais).		Administration ERP
X005	L'ERP doit être sécurisé.		Administration ERP
X006	L'ERP doit avoir a minima les modules "production" et "stock".		Caractéristiques techniques
X007	Les modules de l'ERP doivent pouvoir fonctionner seuls et communiquer avec les autres modules.		Caractéristiques techniques
X008	L'ERP doit avoir la possibilité de différencier les champs obligatoires des autres.		Administration ERP
X009	L'ERP doit permettre de créer la nomenclature pour chaque produit.		Module production
X010	Permet d'ajouter un produit basé sur la nomenclature d'un autre produit et de le considérer de la même famille		processus
X011	L'ERP doit permettre de créer des gammes de fabrication		Module production
X012	Les informations dans l'ERP doivent être mises à jour en temps réel sur l'ensemble des modules après une modification sur un champ.		Caractéristiques techniques
X013	L'ERP devrait permettre à plusieurs machines d'être insérés dans un seul poste de charge.		Module production

TABLE 4.2 – tableau des spécification-partie 1

X014	L'ERP doit permettre à l'utilisateur de choisir le passage de la production par une machine de poste de charge ou l'utilisation de toutes les machines de ce poste.	selon le type de poste de charge(job shop,flow shop).	Module production
X015	L'ERP doit limiter les choix des machines dans un poste de charge selon la disponibilité et des critères imposés par le produit.	Par exemple dans l'entreprise, le découpage se fait par trois machines, une de ces trois découpes le carton avec Processus	
X016	Le système ERP doit permettre la saisie de tous types de chiffre.	0.00009,1/10 ,10 ⁵	Caractéristiques techniques
X017	L'ERP doit permettre d'utiliser différentes unités pour le même produit.		Caractéristiques techniques
X018	Un ERP doit nous permettre d'importer et exporter des fichiers (PDF, EXCEL, CSV...).		Caractéristiques techniques
X019	L'ERP doit être puissant pour permettre de lister les ressources de l'entreprise.	Ressources (les produits, les machines, les employés, les fournisseurs, clients, matière première).	Caractéristiques techniques
X020	L'ERP doit permettre d'administrer les utilisateurs (compte, mot de passe, rôle).		Administration ERP
X021	L'ERP doit permettre de créer des rôles pour les utilisateurs		Administration ERP
X022	L'ERP doit gérer les logs		Administration ERP
X023	L'ERP doit garder l'historique des modifications utilisateurs		Administration ERP
X024	L'ERP doit permettre à chaque utilisateur de customiser son tableau de bord selon les rôles qui lui sont attribués.		Caractéristiques technique
X025	Le tableau de bord doit pouvoir être (un tableau, un graphique, un kanban, ...).		Caractéristiques technique
X026	L'ERP doit pouvoir effectuer des calculs sur un champ à partir des données d'autres champs.	Exemple : $x=(3*y)/z$	Caractéristiques technique

TABLE 4.3 – tableau des spécifications-partie 2

X027	L'ERP doit garder une traçabilité même après modification des données.		Processus
X028	Planifier les ordres de fabrication.	permet de saisir les commandes clients vérifier la quantité de stock pour la commande déterminer les ordre de fabrication début et fin pour chaque produit.	Module production
X029	L'ERP doit permettre de rajouter des fichiers attachés aux ordres de production.	Extension :PDF, AI, ...	Caractéristiques technique
X030	Le module production de l'ERP doit suivre le produit tout au long de sa production.	Permet de savoir à quelle étape de production se trouve le produit	Module production
X031	L'ERP nous doit permettre de voir l'historique des opérations effectuées, la quantité de matières premières utilisée et les opérateurs impliqués.		Caractéristique technique
X032	Automatiser la planification.	verifier la disponibilité des composants, si les composants n'est pas disponible l'ERP doit générer une commande automatique.	Processus
X033	L'ERP permet de donner une durée approximative de production d'un produit selon des données existantes.	selon les données existant de même produits ou un produit similaire.	Module production
X034	L'ERP doit donner un délai de production approximatif en fonction du planning de production.		Module production
X035	L'ERP doit générer des bons de commande de matières premières dès que le stock soit inférieur à un certain seuil.		Module stock
X036	Le module stock de l'ERP doit permettre de gérer les stocks de matières premières, produit semi-finis, produit finis et consommables de machines.		Module stock
X037	e module production de l'ERP doit gérer les commandes ouvertes.	Dans le cas de grande quantité, la quantité est produite par partie et même pour la livraison	Module production

TABLE 4.4 – tableau des spécifications-partie 3

4.11 Conclusion

La conception d'un système d'information, nécessite une analyse de données de l'entreprise pour comprendre l'ancien système et pour réaliser un autre performant.

Il faut d'abord analyser les besoins et les lacunes de l'entreprise, (l'entreprise a pour objectif d'améliorer la gestion de la production et celle du stock. C'est pourquoi nous avons schématisé le processus de fabrication, et nous avons pris un échantillon de produits sur lequel nous avons établi sa nomenclature et sa gamme.

Afin de mieux comprendre le nouveau système nous l'avons modélisé en utilisant des diagrammes. (Enfin, nous sommes arrivés à réaliser un cahier de charge détaillé qui s'adapte avec l'entreprise, pour nous permettre de choisir l'ERP qui convient le mieux.

conclusion générale

A titre de conclusion, il semble intéressant de mettre en évidence les questions actuelles qui se posent au sein de Cartonnerie El-Amine sur les systèmes d'informations et surtout par rapport à la suite du déploiement d'un ERP.

Durant cette thèse professionnelle, nous avons traité ces questions et avons répondu à la problématique posée. Nous avons vu qu'à mesure que les marchés s'internalisent, les entreprises doivent s'adapter, si possible, prévoir, parfois avoir un impact et réagir de toute façon avec souplesse. Pour y parvenir dans de bonnes conditions, les chefs d'entreprise doivent prendre des décisions avec les bonnes informations au bon moment. Ensuite, nous avons démontré que le système efficace de planification des ressources d'entreprise offre d'innombrables avantages du côté de la planification de la production et du côté administratif du travail, car l'information doit circuler de manière ordonnée.

Pour finir, de notre point de vue, ce stage a été une expérience professionnelle réussie et nous avons pu développer nos compétences ERP dans un projet d'envergure. Nous avons également eu l'opportunité d'utiliser nos connaissances en ingénierie industrielle pour prendre des initiatives et ainsi trouver des solutions aux différentes contraintes rencontrées.

Au terme de cette expérience professionnelle, nous avons constaté que les parties prenantes étaient bien engagées dans notre mission et notre processus ERP.

Bibliographie

Livres

- [1] Pascal ROQUES. SysML par l'exemple - Un langage de modélisation pour systèmes complexes. Eyrolles, 2011, 223 pages.
- [2] Alan Moore, Rick Steiner, Sanford Friedenthal. A Practical Guide to SysML : The Systems Modeling Language (2nd edition). Morgan Kaufmann, 2011, 640 pages.
- [3] Tim Weilkiens. Systems Engineering with SysML/UML. Morgan Kaufmann, 2008, 307 pages, doi : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374274-2.X0001-6>.

Sites et internets

- [1] Comment mettre en place un logiciel ERP? Projet ERP : <https://www.divalto.com/etapes-logiciel-erp/>, consulté le : 16 février 2022.
- [2] Mise en place d'un ERP [8 étapes clés] | Archipelia : <https://archipelia.com/mise-en-place-erp/>, consulté le : 16 février 2022.
- [3] 3 étapes clés pour sélectionner votre système ERP | BDC.ca : <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/technologie/investir-technologie/systemes-pre-faire-bon-choix-votre-entreprise>, consulté le : 16 février 2022.
- [4] What is ERP | Enterprise resource planning definition | SAP Insights : <https://www.sap.com/insights/what-is-erp.html>, consulté le : 20 février 2022
- [5] Qu'est-ce que l'ERP et pourquoi en avez-vous besoin? | Microsoft Dynamics 365 : <https://dynamics.microsoft.com/fr-fr/erp/what-is-erp/>, consulté le : 23 février 2022

- [6] Logiciel ERP, c'est quoi? Notre définition! : <https://www.divalto.com/definition-logiciel-erp/>, consulté le : 26 février 2022
- [7] Logiciel ERP : les critères pour bien choisir : <https://www.quai-des-entrepreneurs.com/logiciel-erp-les-criteres-pour-bien-choisir/>, consulté le : 26 février 2022
- [8] Critères de sélection d'un logiciel ERP : <https://www.choisirmonerp.com/erp/criteres-de-selection-d-un-erp/>, consulté le : 26 février 2022.
- [9] Les phases de déploiement d'un ERP au sein d'une entreprise : <https://www.gpao.fr/phases-deploiement-erp/>, consulté le : 27 février 2022
- [10] Logiciel ERP | Sage France : <https://www.sage.com/fr-fr/erp-logiciels/>, consulté le : 28 février 2022
- [11] Les types d'ERP : https://www.invalibre.com/smartblog/47_les-types-d-ERP.html, consulté le : 28 février 2022
- [12] Les différents types de logiciels ERP : <https://michelcampillo.com/erp.html>, consulté le : 28 février 2022
- [13] Types de logiciels ERP / Saloninnovationsinc.com : <https://www.saloninnovationsinc.com/Ag0VVby8/>, consulté le : 28 février 2022
- [14] Logiciel ERP : principe, fonctionnement - Ooreka : [//erp.ooreka.fr/comprendre/logiciel-erp](https://erp.ooreka.fr/comprendre/logiciel-erp), consulté le : 28 février 2022
- [15] ERP généraliste ou spécialisé : quel choix pour votre activité? : <https://syxperiane.com/actualites/erp-generaliste-ou-specialise-verticalise/>, consulté le : 02 Mars 2022.
- [16] ERP généraliste, solution métier ou logiciel spécialisé? | Groupe Kardol : <https://www.kardol.fr/quel-type-erp-choisir-erp-generaliste-solution-metier-ou-logiciel-specialise/>, consulté le : 02 Mars 2022.
- [17] Avantages ERP : logiciel PGI - Ooreka : [//erp.ooreka.fr/comprendre/avantages-pgi-erp](https://erp.ooreka.fr/comprendre/avantages-pgi-erp), consulté le : 02 Mars 2022.
- [18] Editeurs ERP - 3 des principaux acteurs logiciel du marché : <https://www.flowlineintegration.com/erp/editeurs-erp/>, consulté le : 02 Mars 2022.
- [19] Découverte d'un véritable monde caché sous l'Antarctique : <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/>

- antarctique-decouverte-veritable-monde-cache-sous-antarctique-98915/, consulté le : 02 Mars 2022.
- [20] Avantages ERP : Quel est l'intérêt pour l'entreprise? : <https://www.flowlineintegration.com/erp/avantages-erp/>, consulté le : 02 Mars 2022.
- [21] Définition | Oracle - Oracle Corporation | Futura Tech : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-oracle-19087/>, consulté le : 03 Mars 2022.
- [22] Quels sont les avantages d'un logiciel ERP sur le Cloud? : <https://www.gestisoft.com/blogue/avantanges-logiciel-erp-cloud>, consulté le : 03 Mars 2022.
- [23] Quels sont les avantages et les inconvénients d'un ERP? - AGI - Paris.fr : <https://www.agi-paris.fr/lecteur-de-faq/items/quelles-sont-les-avantages-et-les-inconvenients-dun-erp-.html>, consulté le : 03 Mars 2022.
- [24] SAP : Leader mondial des logiciels de gestion d'entreprise, propose un ERP Cloud pour les PME/ETI | CCI News : <https://cci-news.com/sap-leader-mondial-des-logiciels-de-gestion-dentreprise-propose-un-erp-cloud-pour-les-pme-et-eti>, consulté le : 03 Mars 2022.
- [25] Les principaux ERP du marché : <https://bigbang360.com/fr/les-principaux-erp-du-marche/> consulté le : 03 Mars 2022.
- [26] CFAURY. Le langage SysML – Sciences de l'Ingénieur : <https://si.blaise-pascal.fr/1t-sysml/> consulté le : 05 Mars 2022.
- [27] MBSE and SysML : <https://www.visual-paradigm.com/guide/sysml/mbse-and-sysml/>, consulté le : 05 Mars 2022.
- [28] SysML : langage de modélisation système : <http://umlchannel.com/fr/sysml>, consulté le : 05 Mars 2022.
- [29] SysML Open Source Project - What is SysML? Who created it? : <https://sysml.org/>, consulté le : 05 Mars 2022.
- [30] 5 ERP gratuits pour gérer votre entreprise - Atout Persona : <https://atoutpersona.com/erp-gratuit/>, consulté le : 12 Mars 2022.
- [31] SysML pour les nuls : de la modélisation des exigences à la réalisation du système : <https://www.urbanisation-si.com/>

sysml-pour-les-nuls-de-la-modelisation-des-exigences-a-la-realisation-du-systeme,
consulté le : 13 Mars 2022.

[32] Systems Modeling Language : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Systems_Modeling_Language&oldid=179202016, Page Version ID : 179202016, consulté le : 13 Mars 2022.

[33] Systems Modeling Language : https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Systems_Modeling_Language&oldid=179202016, Page Version ID : 179202016, consulté le : 14 Mars 2022.

[34] UML Diagrams vs. SysML Diagrams : <https://lucidchart.com/blog/uml-diagrams-vs-sysml-diagrams>, consulté le : 14 Mars 2022.

[35] Introduction — UML SysML : <https://www.uml-sysml.org/sysml/>, consulté le : 19 Mars 2022.

[36] Le diagramme paramétrique | Simulation du calcul de la vitesse d'un VAE : http://www.mysti2d.net/polynesie2/SIN/08/ParametricDiagramVAE/le_diagramme_paramtrique.html consulté le : 23 Mars 2022.

[37] SysML : présentation du diagramme paramétrique et des blocs de contraintes (parametric diagram) : <https://www.urbanisation-si.com/sysml-presentation-du-diagramme-parametrique-et-des-blocs-de-contraintes-parametric-diag> consulté le : 23 Mars 2022.

[38] Pourquoi choisir un ERP Open Source? - Axelor : <https://axelor.com/fr/erp-open-source/> consulté le : 18 Mai 2022.

[39] Stocks : : Axelor Documentation : <https://docs.axelor.com/abs/5.0-fr/functional/stocks.html>, consulté le : 18 Mai 2022.

[40] Editeur de logiciel ERP CRM BPM Low-code : <https://axelor.com/fr/>, consulté le : 19 Mai 2022.

[41] Bill of Materials (BOM) : <https://www.investopedia.com/terms/b/bill-of-materials.asp>, consulté le : 26 Mai 2022.

[42] Bill of Materials : What You Need to Know : <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/bill-of-materials-bom.shtml>, consulté le : 26 Mai 2022.

[43] What is a Bill of Materials (BOM) and How Do You Create One? : <https://www.arenasolutions.com/resources/category/bom-management/creating-a-bill-of-materials/>, consulté le : 26 Mai 2022.

- [44] Les gammes de gestion de production - La gamme en gestion de production : https://www.pairform.fr/doc/39/75/156/web/co/module_TD_M1302_Gammes.html, consulté le : 29 Mai 2022.
- [45] Gamme de Production | PDF | Usinage | Business : <https://fr.scribd.com/doc/22245398/GAMME-DE-PRODUCTION>, consulté la : 29 Mai 2022.
- [46] Gammes de fabrication | SAP Help Portal : https://help.sap.com/docs/SAP_BUSINESS_BYDESIGN/2754875d2d2a403f95e58a41a9c7d6de/2cb574d6722d1014bc29dedd88d67dd2.html?version=2105, consulté la : 29 Mai 2022
- [47] Gamme de fabrication : Les éléments, l'arborescenc : <https://www.organisation-industrielle.fr/gamme-de-fabrication/>, consulté le : 30 Mai 2022.
- [48] Gamme de production : <https://controle-de-gestion.shapiray.com/2018/01/gamme-de-production.html>, consulté le : 30 Mai 2022.
- [49] Cartonneries El-Amine Fabrication de boîtes déballages et cartons - Site Cartonneries El-Amine : <http://cart-elamine.com/>, consulté le : 06 juin 2022.
- [50] L'évaluation de la contribution des progiciels de gestion intégrés à la performance organisationnelle : développement d'une méthodologie processuelle : <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/1753/1/030055440.pdf>.
- [51] Intégration des systèmes d'information industriels : une approche flexible basée sur les services sémantiques : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00780240/document>.
- [52] Introduction aux Systèmes d'Information : https://www.editions-ellipses.fr/PDF/9782340027466_extrait.pdf.
- [53] Systèmes d'information en entreprise,ERP progiciel de gestion intégrée : <https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/5327421a477ba.pdf>.
- [54] OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) : <https://www.omg.org/spec/SysML/1.4/PDF>

Résumer

Se doter d'un système d'information est primordial pour les entreprises, ça permet d'accéder d'une façon structurée aux données, de gagner en temps et d'améliorer la productivité, la rentabilité et la performance de l'entreprise. De nos jours, l'utilisation des progiciels de gestion intégrés est avérée vu la facilité de gestion qu'offrent ses outils. Pour cela, nous avons effectué un travail qui consiste à préparer et analyser les données nécessaires pour la planification de la production de l'entreprise Cartonnerie El-Amine, un ensemble de spécifications a été défini afin de sélectionner l'ERP le plus performant et qui répond le plus aux besoins de l'entreprise.

Mots clés :

Système d'information, entreprise, ERP, spécifications, production, planification, les besoins, gestion, productivité, rentabilité, performance, progiciels de gestion intégrés, données.

Abstract

To be equipped with an information system is essential for the companies, it allows to reach in a structured way the data, to save time and to improve the productivity, the profitability and the performance of the company. Nowadays, the use of integrated management software packages is proven due to the ease of management that these tools offer. For that, we have carried out a work which consists in preparing and analyzing the necessary data for the planning of the production of the company Cartonnerie El-Amine, a set of specifications was defined in order to select the most powerful ERP and which answers the most to the needs of the company.

Key words

Information system, companies, data, productivity, profitability, performance, integrated management software packages, management, planning of the production, specifications, ERP, the needs.

ملخص

يعد وجود نظام معلومات أمرًا ضروريًا للشركات، فهو يسمح بالوصول إلى البيانات بطريقة منظمة لتوفير الوقت وتحسين إنتاجية الشركة وربحيته وأدائها. في الوقت الحاضر، ثبت استخدام حزم برامج الإدارة المتكاملة نظرًا لسهولة الإدارة التي توفرها أدواتها. لهذا، قمنا بعمل يتكون من إعداد وتحليل البيانات اللازمة لتخطيط إنتاج الأكثر كفاءة ERP، وقد تم تحديد مجموعة من المواصفات من أجل اختيار شركة Cartonnerie El-Amine والذي يلبي بشكل أفضل احتياجات العمل.

كلمات مفتاحية

نظام معلومات، الشركات، حزم برامج الإدارة المتكاملة، البيانات، الإنتاجية، الربح، الأداء تحليل البيانات، تخطيط إنتاج، المواصفات.