جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES
كلية العلوم والتقنيات فاس
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS

Centre des Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales
Formation Doctorale : Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique
Discipline : Énergies Renouvelables et Développement Durable (ER2D)
Spécialité : Génie Industriel
Laboratoire : Systèmes Intelligents Géo-ressources et Energies Renouvelables (SIGER)

Thèse pour l'obtention de DOCTORAT

Intégration du Product Lifecycle Management dans le secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc : Contribution technique et organisationnelle

Préparée par : Mr ABERKANE Mohammed Saad

Soutenue le 06 Janvier 2024 devant le jury :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Driss AMEGOUZ	PES	Ecole Supérieure de Technologie de FES	Président
Mimoun CHOURAK	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'OUJDA	Rapporteur
Hassane MOUSTABCHIR	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Smail ZAKI	PH	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès	Rapporteur
Mouhssine CHAHBOUNI	PH	Ecole Supérieure de Technologie de FES	Examinateur
Youness FARHANE	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Directeur de thèse

« En corrélation avec ce contexte de responsabilité nationale. Nous exhortons le secteur privé à maintenir l'engagement qu'il a pris à rehausser le niveau de l'investissement productif dans ces provinces et à mettre plus particulièrement l'accent sur les projets à vocation sociale.

Par ailleurs, nous appelons à ce que la dynamique de développement dans nos provinces de sud explore de nouvelles possibilités et de nouveaux horizons,..... »

Extrait du discours de S.M le Roi Mohammed VI du 06 Novembre 2022.

Résumé de la thèse

La présente thèse est une contribution à l'intégration du concept de la gestion du cycle de vie (PLM) au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc. Pour réaliser cet objectif, nous avons élaboré une enquête afin de cerner les problèmes rencontrés par le secteur et d'identifier les leviers et bénéfices poussant l'entreprise à intégrer le PLM dans son processus de gestion. Par ailleurs, les résultats analysés par les techniques statistiques sous Excel confirment que la majorité des entreprises interrogées font face à des problèmes de matières premières avec un taux de 61.36% et les principaux leviers favorisant l'introduction de l'approche PLM sont la réduction des coûts avec un taux de 48.48% et la communication entre l'entreprise et les parties prenantes avec un pourcentage de 44.70%. De même, l'indépendance entre les problèmes rencontrés par les entreprises, le secteur d'activité et la nature de l'entreprise est analysée à l'aide du test du chi carré. Ce test confirme que la nature de l'entreprise et le secteur de l'activité sont indépendants par rapport aux problèmes confrontés par les entreprises interrogées. Après cela, nous avons pris un cas d'étude relatif à la problématique de la gestion du gaspillage de la matière première dans le secteur du zellige tout en commençant par l'identification de la dite problématique et puis par la proposition d'un algorithme pour remédier à la problématique et terminer par la transformation du dit algorithme en un logiciel qui a fait l'objet d'une demande de brevet au sein de l'OMPIC. Alors, notre logiciel aura des données d'entrée se basant sur plusieurs décors et le client doit choisir le type parmi une base de données déjà élaborée aussi il doit fournir la surface S à décorer en m². Concernant le résultat final, il sera le nombre de carreaux de base qui devront être produits tout en suivant des combinaisons que nous avons proposées suivant le décor choisi ce qui permettra une diminution des déchets générés lors de l'usage le la matière première. De même, nous avons essayé d'introduire au sein de deux entreprises pilotes l'outil proposé pour détecter les points de blocage relatifs au travail collaboratif. A remarquer que l'outil comporte un ensemble de fonctionnalités permettant la gestion organisationnelle du secteur artisanal à savoir: la gestion des utilisateurs, la gestion de la commande, la gestion des couts et la gestion des réclamations.

Mots clés: PLM, Gaspillage de la matière première, Problèmes de découpe, Combinaisons, Secteur de l'Economie Sociale et Solidaire, Problèmes organisationnels, Brevet.

Abstract

This thesis is a contribution to the integration of the concept of Product Lifecycle Management (PLM) within the social economy sector in Morocco. To achieve this objective, we conducted a survey to identify the problems encountered by the sector and to determine the levers and benefits pushing the company to integrate PLM into its management process. In addition, the results analyzed by statistical techniques in Excel confirm that the majority of the companies surveyed are facing raw material problems with a rate of 61.36% and the main levers favoring the introduction of the PLM approach are cost reduction with a rate of 48.48% and communication between the business and stakeholders with a percentage of 44.70%. Similarly, the independence between the problems encountered by the companies, the sector of activity and the nature of the company is analyzed using the chi-square test. This test confirms that the nature of the company and the sector of activity are independent of the problems faced by the companies surveyed. After that, we took a case study relating to the problem of the management of the waste of raw material in the zellige sector while starting with the identification of the said problem and then by the proposal of an algorithm for solve the problem and finish by transforming the said algorithm into software which has been the subject of a patent application within the OMPIC. Then, our software will have input data based on several decorations the customer must choose the type from an already elaborated database also he must provide the surface S to decorate in m². Regarding the final result, it will be the number of basic tiles that will have to be produced while following combinations that we are reduced to proposing according to the chosen decor, which will allow a reduction in the waste generated during the use of the raw material. Similarly, we tried to introduce in two pilot companies the proposed tool to detect blocking points relating to collaborative work. It should be noted that the tool includes a set of functionalities allowing the organizational management of the artisanal sector namely: User management, order management, cost management and complaint management.

Keywords: PLM, Waste of raw materials, Cutting problems, Combinations, Social Economy Sector, Organizational problems, Patent.

ملخص

تعد هذه الأطروحة مساهمة في دمج مفهوم إدارة دورة الحياة (PLM) في قطاع الاقتصاد الاجتماعي والتضامني في المغرب. ولتحقيق هذا الهدف، قمنا بتطوير دراسة لتحديد المشاكل التي يواجهها القطاع وتحديد الروافع والفوائد التي تدفع الشركات إلى دمج إدارة دورة الحياة (PLM) في عملية إدارتها. علاوة على ذلك، تؤكد النتائج التي تم تحليلها باستخدام التقنيات الإحصائية في برنامج Excel أن غالبية الشركات التي شملتها الدراسة تواجه مشاكل في المواد الخام بنسبة 61,36% وأن الروافع الرئيسية المساهمة في إدخال نهج إدارة دورة الحياة (PLM) هي خفض التكاليف بنسبة 48,48% والتواصل بين الشركة والأطراف المساهمة بنسبة 44,7% . كما تم تحليل الاستقلالية بين المشكلات التي تواجهها الشركات وقطاع النشاط وطبيعة الشركة باستخدام اختبار مربع كاي. ويؤكد هذا الاختبار أن طبيعة الشركة وقطاع النشاط مستقلان عن المشاكل التي تواجهها الشركات التي شملتها الدراسة. بعد ذلك قمنا بدراسة حالة تتعلق بإشكالية تدبير مخلفات المواد الأولية في قطاع الزليج، بدءا بتحديد الإشكالية المذكورة ثم باقتراح خوارزمية لمعالجة الإشكالية وانتهاءا ببرمجة الخوارزمية و تحويلها إلى تطبيق و قد كانت موضوع طلب براءة اختراع داخل المكتب المغربي للملكية الصناعية والتجارية. لذلك، سيكون لدى برنامجنا بيانات إدخال بناءً على العديد من الزخارف ويجب على الزبون اختيار نوع معين من قاعدة بيانات تم تطويرها من قبل، كما يجب عليه توفير مساحة السطح S المراد تزيينها بالمتر المربع. فيما يتعلق بالنتيجة النهائية، سيكون عدد المربعات الأساسية التي يجب إنتاجها مع اتباع التركيبات التي اقترحناها وفقًا للزخرفة المختارة والذي سيسمح بتقليل النفايات الناتجة أثناء استخدام المواد الخام. وبالمثل، حاولنا تجريب التطبيق المقترح داخل شركتين اثنتين للكشف عن نقاط الحظر المتعلقة بالعمل التعاوني. علماً بأن الأداة تتضمن مجموعة من الوظائف التي تتيح الإدارة التنظيمية للقطاع الحرفي، وهي: إدارة المستخدمين، إدارة الطلبات، إدارة التكاليف وإدارة الشكاوى.

الكلمات المفتاحية: إدارة دورة الحياة، هدر المواد الخام، مشاكل القطع، التركيبات، قطاع الاقتصاد الاجتماعي والتضامني، المشاكل التنظيمية، براءة الاختراع.

Dédicace

À mes très chers parents pour leurs sacrifices,

Je vous fais part de mon profond amour et de ma grande

gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi, que Dieu

vous protège et me permette d'être celui dont vous serez toujours fiers

À mon frère

je te souhaite beaucoup de réussite dans tes études

A toute ma famille

A tout mes amis et mes amies

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez offert je vous dis

MERCI

Remerciement

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

Ainsi, je tiens à exprimer mes plus profonds remerciements à M. FARHANE YOUNESS, pour la disponibilité dont il a fait preuve à mon égard, pour les conseils qu'il m'a prodigués et pour ces encouragements.

Je remercie particulièrement messieurs les rapporteurs le professeur Mimoun CHOURAK, le professeur Hassane MOUSTABCHIR et le professeur Smail ZAKI d'avoir accepté d'être rapporteurs et pour l'attention avec laquelle ils ont traité mon rapport.

Je remercie également monsieur le professeur Driss AMEGOUZ d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance.

Je remercie monsieur l'examinateur le professeur Mouhssine CHAHBOUNI, de m'avoir honoré et accepté de participer au jury de ma soutenance.

JE saisis aussi l'occasion pour remercier tout le corps professoral de la FST FES pour la formation qu'il m'a prodiguée.

Je remercie également toute l'équipe de la Délégation régionale de l'Artisanat et de l'Economie sociale et solidaire de la région de Fès Meknès pour le temps qu'ils m'ont consacré ainsi que pour leurs conseils pertinents qui m'ont été d'un appui considérable dans ma démarche.

Mes vifs remerciements vont finalement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Liste des acronymes

API: Application Programming Interface
APS: Advanced Planning and Scheduling
BE: Bureau d'Etudes
BITKOM: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (Federal Association for Information Technology, Telecommunications and New Media)
BPEL: Business Process Execution Language
BPMN: Business Process Model and Notation
CAD: Computer Aided Design
CAO: Conception Assistée par Ordinateur
CDC: Cahier de Charges
CEI: Intégration des systèmes Entreprise Controle
CFAO: Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur
CIMOSA: Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture
COPQ: La réduction du coût de qualité inférieure (Cost Of Poor Quality)
CRM: Customer Relationship Management
CRP: Conservation Reserve Program
DRACAS: Data Reporting, Analysis, and Corrective Action System
DXF: Drawing Exchange Format
EBOM: Engineering bill of materials
ERP: Enterprise Resource Planning
ESS: Economie Sociale et Solidaire
FRACAS: Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System
GED: Gestion Electronique des Données
GERAM: Generalized Enterprise Reference Architecture Model
GPAO: gestion de la production assistée par ordinateur
GRAI: Global Returnable Asset Identification
HTML: HyperText Markup Language
IDEFx: Integration DEFinition
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGES: Initial Graphics Exchange Specifications
IHM: Interface Homme Machine
IIAF: Industrial Internet Architecture Framework
IIOT: Internet Industriel des Objets
IIRA: Industrial Internet Reference Architecture
INDH: Initiative Nationale de développement Humain
IOT: L'Internet des Objets
KBA: Knowledge-Based Architecture
LCC: Life Cycle Cost
MBOM: Manufacturing bill of materials
MCD: Modèle Conceptuel de Données
MCMT: Mean Corrective Maintenance Time

MDA: Model Driven Architecture
MES: Manufacturing Execution System
MOT: Modèle Organisationnel des Traitements
MPM: Manufacturing Process Management
MPMT: Mean Preventive Maintenance Time
MTTR: Mean Time To Repair
M2M: Machine To Machine
NFS: Network File System
OA: Ordre d'Achat
OF: Ordre de Fabrication
PDG: Président Directeur Général
PDM: Product Data Management
PERA: Purdue Entreprise Reference Architechture
PIB: Produit Intérieur Brut
PLCS: Product Lifecycle Support
PLM: Product Lifecycle Management
PLMIG: PLM Interest Group
PME: Petites et Moyennes Entreprises
PMI: Petites et Moyennes Industries
PRACA: Problem Reporting, Analysis, and Corrective Action
PSS: product/service system
PTC: Parametric Technology Corporation
RAM: Random Access Memory
RAMI: Reference Architecture Model of Industry
SADT: Structured Analysis and Design Technique
SART: Structure Analysis Real Time
SAV: Service Après Vente
SCM: Supply chain Management
SCOR: Supply Chain Operations Reference Model
SGDT: Systèmes de Gestion des Données Techniques
SIP : Systèmes d'Information Produit
SOA: Architecture Orientée Services
STEP: Standard For The Exchange of Product Model Data
TFTP: Trivial File Transfer Protocol
TIC: Techniques de l'Information et de la Communication
TPE: Très Petites Entreprises
VDMA: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (Association of German mechanical and plant engineering)
XAO: X Assisté par Ordinateur
XML: Extensible Markup Language
ZVEI: Zentralverband Elektrotechnik – und Elektronikindustrie (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association).

Table des Matières

Résumé et Mots clés.....;.....4
Abstract.....5
ملخص.....6
Dédicace.....7
Remerciement.....8
Liste des Acronymes.....9
Table des matières.....11
Liste des Tableaux.....16
Liste des Figures.....17
Introduction Générale.....20
Chapitre 1: Etat de l'Art.....23
I- Introduction.....24
II- Généralités sur le PLM 24
1- Histoire du PLM.....24
2- Objectifs du PLM.....27
3- Principes et étapes de l'approche PLM.....29
4- Une revue de littérature sur le PLM.....30
III- les outils du PLM.....33
1- analyse des piliers de l'entreprise numérique..... 33
1-1La gestion du référentiel produit..... 33
1-2-Gestion de la relation client.....34
1-3-Supply Chain Management.....36
1-4-Les ERP dans les systèmes d'information.....38
2- processus du PLM et ses principales fonctionnalités.....40
2-1- Description du logiciel windchill.....41
2-2La gestion du projet et le reporting.....43
2-3-Visionneuse 2D/3D.....44
2-4-Gestion des données.....44
2-5-La conception assistée par ordinateur.....45
2-6-Gestion de la maquette numérique.....46
2-7- La gestion de configuration.....47
3- l'interopérabilité des systèmes d'information.....48
3-1-Vue globale sur l'interopérabilité.....48
3-2-Les niveaux d'interopérabilité.....48
3-3 Les problèmes d'interopérabilité.....48
IV- le PLM dans l'industrie.....50
1- bref aperçu sur l'analyse du cycle de vie du produit.....50
2- Le PLM dans l'industrie: comment mener à bien son projet.....51
3- Le marché du PLM.....52
4- PLM et aéronautique : les tendances lourdes.....52

5- PLM et le domaine pharmaceutique.....54
6- Le PLM dans le secteur automobile/transport.....55
7- Le PLM et l'intelligence artificielle.....56
8- L'internet des objets et le PLM.....57
V- Le PLM dans les petites structures.....58
1- Expériences des petites structures de certains pays au niveau du PLM 58
2- Le PLM au sein des PME/PMI au Maroc.....59
2-1- les problèmes liés aux PME.....59
2-1-1-les problèmes liés à l'environnement.....59
2-1-2- les problèmes humains et sociaux.....60
2-2- Industrie artisanale : problèmes et actions d'amélioration.....60
2-2-1- bref aperçu sur l'industrie artisanale au Maroc.....60
2-2-2- les problèmes confrontés par l'industrie artisanale.....62
2-2-3- actions d'amélioration.....63
2-3- Le rôle du PLM au sein d'une PME.....63
VI-Conclusion.....64
Chapitre 2: Un premier pas vers une intégration du PLM dans le secteur de l'économie sociale Marocain.....65
I- Introduction.....66
II- le contexte de l'étude.....67
1- Déployer une solution PLM dans une entreprise.....67
2- Les étapes pour l'instauration d'une approche PLM au sein d'une entreprise....68
2-1-Description des trois premières étapes du processus.....69
2-1-1- Etude de faisabilité.....69
2-1-2- L'organisation du projet.....69
2-1-3- Modélisation du processus (R&D).....70
2-2-La quatrième étape du processus: une étape primordiale.....72
2-3-Intégration de la contrainte technologique (PLM) dans le processus de production du produit.....73
2-3-1 La dimension technologie.....73
2-3-2 La genèse des TIC.....74
2-3-3 Usage des TIC dans les entreprises.....74
2-3-4 Les défis que l'entreprise industrielle peut faire face.....75
2-3-5 Complexité de la contrainte d'intégration du PLM.....77
2-3-6 La mission du système PLM.....78
III- Présentation de l'étude réalisée au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire.....79
1- Présentation de l'économie sociale et solidaire.....79
2- Comparaison avec les pays étrangers.....81
3- Le cadre de l'étude.....82
3-1-Identification des besoins du secteur de l'économie sociale et solidaire....83
3-2- Présentation du cadre général de l'étude.....85
IV - Résultats et discussions.....86
1- Description des problèmes déclarés par les entreprises.....86

2 les leviers et bénéfices.....87
3Le test d'indépendance de khi-deux.....88
V- besoin d'intégrer le PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc.....92
1- le gaspillage de la matière première: un problème ou le PLM pourra s'intervenir.....92
2- Exemple de gaspillage de la matière première au niveau de la tannerie.....93
3- quelques recommandations en matière du PLM 94
VI- Conclusion.....101
Chapitre 3: Proposition d'un logiciel PLM pour optimiser la gestion de la production des pièces de zellige. 102
I- Introduction.....103
II- Description globale de la problématique de minimisation des chutes de matière.....104
1- Description de la problématique du gaspillage de la matière première.....104
1-1 gaspillage de la matière première au niveau du céramique.....104
1-2 Analyse SWOT.....107
2- La problématique de découpe: Etape critique au cours du cycle de vie de la production des pièces de zellige.....110
2-1-Un bref aperçu sur les problèmes de découpe.....110
2-2 Classification des problèmes de découpe.....111
2-3- Quelques méthodes pour résoudre la problématique de découpe.....112
2-4- Vers une bonne gestion du problème de la découpe 112
III- La gestion de la découpe: Etude du cas du secteur de zellige.....113
1- La solution proposée.....114
1-1-L'algorithme proposé pour remédier à la gestion de la découpe 114
2- Description de l'ensemble des étapes de l'algorithme.....115
2-1Un bref aperçu sur la première étape.....115
2-1-1-l'analyse et le traitement d'images.....115
2-1-2- la construction des motifs.....116
2-1-3-la découpe des formes primitives.....118
2-2Description de la deuxième étape.....119
2-2-1Regroupement des formes primitives par angles.....119
2-2-2Regroupement des formes primitives par cotes.....121
2-2-3 Présentation de certaines combinaisons entre les formes primitives121
2-3Description de la troisième étape.....122
2-4Description de la quatrième étape.....123
IV- La transformation de l'algorithme en logiciel.....123
1- Présentation de l'interface traduisant la première étape de l'algorithme.....123
2- Présentation de l'interface traduisant la deuxième étape de l'algorithme.....125
3- Présentation de l'interface traduisant la troisième étape de l'algorithme.....126
4- Présentation de l'interface traduisant la quatrième étape de l'algorithme.....131
V- Evaluation de l'application.....135
1- Présentation du décor et des formes qui le composent.....135
2- Comparaison avec les méthodes traditionnelles.....137

3- Les avantages et les difficultés qui peuvent être retrouvées suite à l'implémentation de l'outil.....140
VI- Conclusion.....142
Chapitre 4: les aspects organisationnels de l'instauration du PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc.....144
I- Introduction.....145
II- Introduction du PLM comme outil technologique: changement organisationnel.....146
1- Vue générale sur la notion d'intégration.....146
2- Rappel des facteurs influençant le processus d'intégration dans les entreprises ainsi que ses étapes.....146
3- Implications de l'intégration du PLM.....147
3-1Les changements qui se produisent aux différents niveaux de l'entreprise149
3-2Conséquences pour l'organisation 152
3-3Les problèmes poses par la gestion du changement…….…....152
3-4Gestion du changement…….....153
III- Apprentissage organisationnel…….....….....154
1- Les connaissances…….....154
1-1Un bref aperçu sur les connaissances……...….....154
1-2Typologie des connaissances……..…….....155
1-3Les modèles de transfert des connaissances…….…….....155
2- Les compétences…….....156
2-1 Un bref aperçu sur les compétences…….…….....156
2-2 La relation entre les compétences et les connaissances……....157
3- La notion d'apprentissage……..……...…158
3-1 Un bref aperçu sur la notion d'apprentissage……....158
3-2 Apprentissage et changement organisationnel…….....159
IV- Vers un changement organisationnel efficace au sein du secteur de zellige.....159
1- la gestion des utilisateurs: une fonctionnalité contribuant à la gestion de l'organisation au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire 159
2- la gestion de la commande: une fonctionnalité contribuant à l'organisation des commandes au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire 161
3- la gestion des couts: une fonctionnalité contribuant à la gestion de l'organisation financière au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire 163
4- la gestion des réclamations: une fonctionnalité contribuant à la gestion des imprévus au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire 168
V- Implémentation du logiciel proposé au sein du secteur de zellige: Quels changements organisationnels?.....171
1- choix des entreprises pilotes.....171
2- les freins constatés vis-à-vis de l'implémentation de l'outil.....171
3-Le modèle cause effet: Un modèle efficace pour détecter les points de blocage.....173
3-1Quelques définitions.....173
3-2 Modèle cause effet proposé pour les entreprises étudiées.....174
4- les changements organisationnels induits suite à l'implémentation.....176

5- quelques recommandations pour une bonne gestion du changement.....179
VI- Conclusion.....180
Conclusion générale.....182
Bibliographie.....186
Annexe 1.....194
Annexe 2.....198
Annexe 3.....200
Annexe 4.....204

Liste des tableaux

Tableau 1: Différence entre PLM et ERP sous plusieurs aspects…….39
Tableau 2: Les interactions entre le PLM et l'ERP……...40
Tableau 3: Présentation du nombre d'emploi offert par le secteur de l'économie sociale et solidaire par région au niveau de la France……...82
Tableau 4: Croisement des deux variables le types des entreprises interrogées et les problèmes rencontrés par l'entreprise…….89
Tableau 5: Calcul des effectifs théoriques Tij……...90
Tableau 6: Test du Khi-deux…….90
Tableau 7: Croisement des deux variables le secteur d'activité des entreprises interrogées et les problèmes rencontrés par l'entreprise……..91
Tableau 8: Test du Khi-deux…….91
Tableau 9: Les forces et faiblesses du secteur de céramique au Maroc……..108
Tableau 10: Les opportunités et les menaces du secteur de céramique au Maroc……..109
Tableau 11: Nombre de formes dans le panneau ainsi que le calcul des formes nécessaires pour décorer une surface de 1m²…….127
Tableau 12: Calculs effectués pour trouver le nombre de combinaisons nécessaires…….130
Tableau 13: Calcul du nombre de formes pour chaque combinaison…….132
Tableau 14: Calcul des formes existantes en stock après exécution de la commande……133
Tableau 15: Les combinaisons entre les formes de même couleur et le nombre de formes qu'elles comportent…….136
Tableau 16: Calcul du nombre de carreaux à produire par l'usage des méthodes traditionnelles……..138
Tableau 17: Calcul du gain en carreau de base par l'usage de la méthode proposée……..139
Tableau 18: Les avantages et les difficultés par rapport de l'outil proposé……140
Tableau 19: Les aspects organisationnels qui doivent être pris en considération lors de l'instauration du PLM au sein de l'entreprise……..148
Tableau 20: Les informations nécessaires pour l'intégration du PLM au sein d'une PME….149
Tableau 21: Comparaison entre les connaissances tacites et explicites……..155
Tableau 22: Principe du raisonnement cause effet……..173
Tableau 23: Les modifications induites lors de l'implémentation de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes……178

Liste des figures

Figure 1: Naissance de l'informatique industrielle au sein des bureaux d'études.....25
Figure 2: Evolution des systèmes SGDT pendant les années 90……..…25
Figure 3: Amélioration des fonctionnalités des SGDT pendant les années 2000…….26
Figure 4: Les points de vue que le PLM englobe selon Sergio Terzi [5]……..…27
Figure 5: Les buts du PLM……...28
Figure 6: Les étapes d'un projet PLM…….……..29
Figure 7: Exemple d'un appel d'offre pour la fabrication d'un produit…….……34
Figure 8: Les perspectives du CRM……..35
Figure 9: Découpage des flux de matière et de l'information dans la chaine……37
Figure 10: Architecture technique des ERP……..39
Figure 11: Description du logiciel Windchill……...……41
Figure 12: Schéma simplifié d'architecture des fonctionnalités de la maquette numérique….46
Figure 13: Procédure de la gestion de configuration……..……..47
Figure 14: Volet applicatif du système d'information PLM……...……..49
Figure 15: Phases du cycle de vie d'un produit…….50
Figure 16: Répartition sectorielle du marché PLM selon CIMdata……..52
Figure 17: Exemple d'un produit issu de domaine de l'aéronautique……53
Figure 18: Exemple d'un produit issu du secteur pharmaceutique……....54
Figure 19: Exemple d'un produit issu du secteur automobile……...……55
Figure 20: Exemple d'un produit réalisé par l'intervention de l'intelligence artificielle…..….56
Figure 21: Exemple de domaines ou l'internet des objets pourra s'intervenir……..…57
Figure 22: Exemples de certains produits issus du secteur artisanal……62
Figure 23: Démarche utilisée en vue du déploiement d'une solution PLM……..67
Figure 24: Les étapes d'instauration d'une approche PLM au sein d'une entreprise……68
Figure 25: Les groupes d'acteurs s'intervenant dans l'organisation du projet PLM……..70
Figure 26: Architecture globale de la carte heuristique dédiée à un client [15]……..…..72
Figure 27: Les parties qui doivent être présentes dans un cahier de charge……..…73
Figure 28: Les défis que l'entreprise industrielle peut faire face…….……75
Figure 29: Illustration de la complexité organisationnelle [60]……....76
Figure 30: Présentation de certaines difficultés auxquelles une entreprise industrielle peut faire face……....77
Figure 31: Les représentations du produit ainsi que l'ensemble des intervenants tout au long du cycle de vie du produit……78
Figure 32: L'INDH et sa relation avec le secteur de l'économie sociale et solidaire……81
Figure 33: Carte des besoins d'une entreprise artisanale……...84
Figure 34: La nature des entreprises interrogées……...…85
Figure 35: Répartition des entreprises selon le secteur d'activité…….85
Figure 36: Les problèmes rencontrés dans une entreprise artisanale……86
Figure 37: La nature des problèmes qui peuvent être résolus par une approche de gestion du cycle de vie du produit……..86

Figure 38: Le facteur externe poussant l'entreprise à intégrer une approche technologique…87
Figure 39: Le facteur interne poussant l'entreprise à intégrer une approche technologique….88
Figure 40: Bénéfices liés à l'intégration d'une approche de gestion du cycle de vie du produit au sein d'une entreprise…….88
Figure 41: Illustration des déchets générés lors du travail au sein de la tannerie…….94
Figure 42 : Mise à niveau de l'approvisionnement……...95
Figure 43: Mise à niveau de la production……96
Figure 44: Mise à niveau de la commercialisation des cuirs……99
Figure 45: Présentation d'un exemple du décor de zellige……..104
Figure 46: Matrice SWOT……..107
Figure 47: Les caractéristiques du problème de découpe……...111
Figure 48: Quelques types du problème de découpe……..111
Figure 49: Exemple de motifs de zellige sur un mur ainsi que certaines formes primitives qui composent la plupart des panneaux décoratifs……114
Figure 50: L'algorithme proposé pour instaurer le PLM au sein du secteur de zellige…….....115
Figure 51 : L'image originale, l'image filtrée et l'extraction des contours pour un panneau décoratif……..116
Figure 52: Réduction du motif en une partie minimale……..117
Figure 53: La superposition d'un ensemble de lignes parallèles équidistantes dans N directions distinctes du plan…….117
Figure 54: Les vecteurs Vn et leurs opposés……...117
Figure 55: Etapes d'obtention du pavage……118
Figure 56: Etapes d'obtention d'un panneau décoratif……118
Figure 57: Formes primitives composant 90% des panneaux décoratifs……119
Figure 58: Présentation des angles pouvant être retrouvés dans certaines formes primitives……119
Figure 59: Répartition des formes par angles……120
Figure 60: Présentation des cotes pouvant être retrouvés dans certaines formes primitives..121
Figure 61: Répartition des formes par angles……121
Figure 62: Exemple de combinaisons entre les formes primitives……122
Figure 63: Présentation des trois premières étapes de l'algorithme……123
Figure 64: Interface du logiciel proposé pour l'optimisation des chutes suite à la production de pièces de zellige……..124
Figure 65: Choix du décor et fabrication de la surface à décorer en m²……124
Figure 66: Les combinaisons proposées pour le décor choisi ainsi que les formes qui les composent……...125
Figure 67: Affichage des formes nécessaires pour pouvoir décorer la surface choisie ainsi que celles existantes dans le stock initial……...126
Figure 68: Calcul du nombre de formes à produire……128
Figure 69: Calcul du nombre de carreaux à produire par couleur tout en suivant les combinaisons proposées……..129
Figure 70: Les combinaisons proposées pour le décor choisi……129
Figure 71: Affichage du nombre de formes contenues dans chaque combinaison ainsi que le nombre de formes existantes en stock après exécution de la commande……...131

Figure 72: Présentation de la fenêtre de conclusion……134
Figure 73: Le format CAO du décor……...135
Figure 74: Découpage des formes de couleur verte, bleue, rouge, noire et blanche par l'usage des méthodes traditionnelles……...138
Figure 75: Les facteurs influençant le processus d'intégration dans une entreprise……...147
Figure 76: Présentation de l'ensemble des activités associées au cycle de vie du produit, de l'ensemble des intervenants ainsi que les flux échangés entre eux……150
Figure 77: Les éléments qui caractérisent une structure……152
Figure 78: Le cycle donnée- information- connaissance……154
Figure 79: Les modèles de transfert des connaissances……..156
Figure 80: La relation entre les connaissances et les compétences……158
Figure 81: Les niveaux d'apprentissage organisationnel……159
Figure 82: L'interface dédiée à l'utilisateur pour accéder à son compte……160
Figure 83: L'interface permettant la création des comptes et l'attribution des habilitations..160
Figure 84: L'interface permettant la modification des attributions……161
Figure 85: L'interface permettant de saisir les commandes réalisées par l'entreprise…….162
Figure 86: La fenêtre retrouvée après réalisation des quatre phases de production des pièces de zellige……163
Figure 87: La fenêtre permettant le calcul des délais pour chaque phase de production des pièces de zellige……..164
Figure 88: La fenêtre relative au calcul des délais après la réalisation des quatre phases de production des pièces de zellige……..165
Figure 89: L'interface permettant le calcul des couts d'une commande précise…….166
Figure 90: L'interface permettant le calcul des couts d'une commande après remplissage des champs requis……..167
Figure 91: La facture générée pour la commande n°123……167
Figure 92: Le calcul de la marge bénéficiaire pour une commande précise……...168
Figure 93: L'interface de l'artisan……169
Figure 94: L'interface du gestionnaire des réclamations après réception d'une réclamation pour une commande précise……169
Figure 95: Interface de gestionnaire des réclamations après le remplissage de la solution proposée pour le problème signalé par l'artisan……..170
Figure 96: Interface de l'artisan après réception de la réponse proposée par le gestionnaire des réclamations……170
Figure 97: Structure du modèle cause effet……173
Figure 98: Processus de construction d'un système d'indicateurs……...174
Figure 99: le modèle cause effet résultant de l'élaboration de l'outil au sein des entreprises pilotes……..175
Figure 100: la hiérarchie proposée suite à l'instauration de l'outil……..177
Figure 101: Les fonctionnalités modifiant la structure organisationnelle des entreprises pilotes dans le logiciel proposé……...183

Introduction Générale

Les travaux de la présente thèse élaborés au sein du laboratoire SIGER (Systèmes Intelligents, Géo-ressources et Energies Renouvelables) à la FST USMBA Fès s'inscrivent dans la cadre de la stratégie dirigée par le ministère du Tourisme, de l'Artisanat et de l'Economie Sociale et Solidaire au Maroc pour la période 2021-2030 et qui s'articule autour de 4 axes. Le premier axe se rapporte à la structuration et l'accompagnement des acteurs visant la mise en place d'un ensemble de dispositifs d'appui différents assurant une montée en gamme de l'offre artisanale. Concernant le deuxième axe, il se rapporte à la modernisation des filières artisanales permettant de proposer des actions couvrant la chaine de valeur des dites filières. De même, le troisième axe se concentre sur la valorisation de l'humain tout en promouvant le savoir faire authentique des artisans. Tandis que le quatrième axe renvoie vers l'amélioration du cadre sectoriel suite à la consolidation de la veille sectorielle ainsi que l'optimisation de l'organisation du secteur.

La mise en place de l'ensemble de ces axes est confrontée à un ensemble de difficultés à savoir: l'insuffisance des moyens, le marketing des produits artisanaux qui reste limité ainsi que la méconnaissance du marché et de ses exigences. Du coup, l'optimisation et l'organisation du secteur ne pourra se faire sans une approche globale basée sur la détermination des problèmes confrontés par le secteur ainsi que la proposition d'un ensemble de solutions pouvant être utiles et nécessaires en vue de la résolution des problèmes déterminés. Pour cela, nous avons essayé de délimiter la problématique du gaspillage de la matière première au sein de la filière de zellige et pour la résoudre nous avons proposé un algorithme qui sera transformé en un logiciel et qui a fait l'objet d'une demande de brevet déposée au sein de l'OMPIC (voir document brevet). D'autant plus, la mise en place d'un outil informatique ou bien d'un logiciel dans une entreprise doit être accompagnée par une sensibilisation vis à vis la nécessité de cette mise en place ainsi qu'un suivi lors de son introduction puisque les entreprises se retrouvent dans un marché caractérisé par une concurrence très pointue avec un environnement économique soumis à des variations très fortes. Alors, les entreprises doivent satisfaire les besoins de leurs clients d'une manière constante tout en confrontant un ensemble des défis imposés à la fois par un marché de plus en plus exigeant et par des attentes client en permanente évolution occasionnant une durée de vie des produits réduite.

Face à ce contexte compliqué, la croissance et la performance de l'entreprise ne reposent pas exclusivement sur des aspects à caractère économique mais plutôt l'intervention de l'innovation à la fois technologique et organisationnelle s'avère primordiale. A vrai dire, beaucoup d'acteurs considèrent l'innovation comme étant une clé de développement et de survie pour les entreprises. En plus des innovations dans le domaine de la technologie, les entreprises se retrouvent aujourd'hui impliquées dans des innovations à caractère organisationnel apportant des modifications et des changements révélateurs tout en traçant des objectifs significatifs assurant la participation à l'enrichissement, l'amélioration et l'épanouissement de leur activité. Ces formes d'innovation ne cessent de se développer au cours de ces dernières années et sont à l'origine de nouvelles approches stratégiques de

gestion collaborative des informations relatives au produit tout au long de son cycle de vie telles que le PLM (Product Lifecycle Management).

La question se pose alors, pourquoi les outils technologiques ne se diffusent pas dans les entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire marocain. Certes, autour du monde il y'a des expériences réussies vis-à-vis de l'instauration du PLM au sein des petites structures qui demeurent un exemple à suivre puisque le PLM a permis d'aboutir aux résultats souhaités dans ce genre d'entreprises étrangères. Du coup, il parait étonnant que les entreprises marocaines relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire restent à l'écart de cette thématique stratégique et innovante.

A travers cette thèse, on a essayé de se baser sur une étude précisant que la principale cause de l'échec de l'instauration d'une approche technologique est la négligence de l'aspect organisationnel de l'entreprise puisque ces outils donnent une importance extrême aux aspects techniques. Du coup, les entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire ont un aspect organisationnel spécifique qui devra être pris en considération lors de l'instauration du PLM en leur sein. Or, nous allons prouver que l'intégration du PLM induit nécessairement des changements organisationnels qui doivent être pris en considération pour garantir une réussite du projet.

Ainsi, nous proposons une étude visant l'appropriation du PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire. Du coup, instaurer une approche PLM au sein d'une industrie est complexe suite à son interdisciplinarité ainsi qu'à l'ensemble des changements induits par cette introduction. Toutefois, l'intégration du PLM ne peut s'envisager que sous l'angle de la simplicité et d'encouragement. La difficulté se présente donc dans la simplification de la complexité du sujet de l'instauration du PLM au sein d'une entreprise.

Le présent rapport est composé de quatre chapitres:

- Le premier chapitre sera consacré à présenter un état de l'art étalé sur quatre parties. Premièrement, nous essayons de présenter la notion du PLM en tant qu'un processus stratégique tout en donnant une idée sur son histoire, ses objectifs, les raisons permettant d'adopter une telle solution ainsi que les principes et les étapes de l'approche. Après cela, nous sommes ramenés vers l'étude des outils du PLM à travers le traitement des piliers de l'entreprise numérique, l'analyse des processus du PLM ainsi que ses principales fonctionnalités et nous avons terminé par l'analyse et l'étude du phénomène d'interopérabilité. Ensuite, nous allons passer vers la présentation du PLM dans le domaine industriel à savoir le secteur de la défense, le secteur pharmaceutique ainsi que le secteur de l'automobile. En plus, nous allons essayer d'étudier la liaison existante entre le PLM, l'intelligence artificielle et l'internet des objets. En dernière partie nous serons ramenés vers l'analyse et l'étude du PLM dans les petites structures et plus particulièrement dans l'industrie artisanale tout en présentant les problèmes dont souffre cette industrie ainsi que la proposition de quelques solutions permettant l'amélioration de ce secteur.
- Le deuxième chapitre est le résultat d'une étude réalisée au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire marocain, il s'agit d'une analyse basée sur un recensement (questionnaire) ayant pour but principal de contribuer à l'introduction de la gestion du cycle de vie du produit artisanal tout au long de sa chaine de valeur. Pour cela, nous avons opté pour l'investigation de certains problèmes rencontrés au sein du

secteur pour détecter les points où la technologie pourra s'intervenir ainsi que les leviers et bénéfices poussant les entreprises à intégrer ce genre d'approches dans leur travail. D'autre part, l'objectif est de pousser les entités gérant les industries artisanales à intégrer le PLM dans leur processus de production qui devra être accompagné par une stratégie visant la structuration du secteur

- Le troisième chapitre permet de retrouver un lien permettant de rassembler la modernité et l'originalité tout en essayant d'introduire la technologie au sein d'un secteur original qui est le secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc afin de pouvoir rationnaliser l'usage de la matière première et qui est le résultat d'une demande de brevet au sein de l'OMPIC et qui s'intitule: "Méthode d'optimisation des carreaux de céramique utilisant une conception assistée par ordinateur" (voir document brevet). Pour cela, nous avons essayé de définir la problématique de la découpe qui demeure un cas particulier de la problématique du gaspillage de la matière première et de chercher une solution pour assurer une gestion efficace de ce problème. A vrai dire, les problèmes de découpe ont préoccupé un nombre important de chercheurs et d'experts et ont abouti à une multitude de solutions et de résultats. Cela est du à un ensemble de raisons à savoir: L'existence de plusieurs variantes à ce problème permettant de produire un ensemble de méthodes de résolution et de modélisation multiples. D'autant plus, il y'a des enjeux à caractère environnemental et écologique luttant contre la pollution engendrée par les déchets générés lors de la découpe de la matière première ainsi que des enjeux technologiques cherchant à moderniser le secteur pour qu'il soit plus compétitif à l'échelle internationale.
- Le quatrième chapitre essaye de détailler les aspects organisationnels qui devront être pris en considération lors de l'instauration de la nouvelle contrainte que nous avons proposée à savoir les notions de connaissances, de compétences et d'apprentissage organisationnel. De même, nous avons implémenté le logiciel élaboré lors de la partie précédente au sein de deux entreprises pilotes pour pouvoir détecter les freins qui peuvent bloquer le travail collaboratif ainsi que l'effet de l'instauration du logiciel sur la hiérarchie des entreprises puisque un ensemble de nouvelles fonctionnalités seront introduites à savoir: la gestion des utilisateurs, la gestion de la production, la gestion des couts, la gestion de la commande et la gestion des réclamations.

Chapitre N°1: Etat de l'Art

I- Introduction

L'avènement des nouvelles technologies s'intéressant à l'analyse et au développement du produit tout au long de son cycle de vie à savoir les logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO), les maquettes numériques a permis d'ouvrir les portes sur l'introduction virtuelle de toute sorte de technologie au sein d'une entreprise à savoir le PLM.

Alors, le PLM est une démarche ayant plusieurs avantages tant au niveau technique qu'au niveau organisationnel. C'est une approche qui se développe depuis les années 80, basée sur l'intégration d'un ensemble de méthodes stratégiques de management des informations se rapportant au produit depuis sa définition jusqu'à son démantèlement tout en passant par la fabrication.

Dans le présent chapitre nous essayerons de présenter le PLM en tant qu'une notion avantageuse tout en mettant en relief les effets de l'introduction de telle solution au sein d'une entreprise quel que soit son domaine de fonctionnement (automobile, agroalimentaire, défense et aéronautique, etc) ou son type (PME, artisanale, grande entreprise, etc). D'autant plus, nous allons mettre le doigt sur le domaine de la recherche et du développement par ce que ce dernier a une liaison forte avec le PLM. Aussi, l'utilisation des systèmes d'information PLM contribue à l'innovation collaborative puisque l'analyse et le développement des plateformes multi modèles permet de donner un nouveau souffle aux équipes projets en plateaux multi sites et multi métiers.

Pour mener ce travail, nous allons présenter un état de l'art étalé sur quatre parties. Premièrement, nous essayons de présenter la notion du PLM en tant qu'un processus stratégique tout en donnant une idée sur son histoire, ses objectifs, les raisons permettant d'adopter une telle solution ainsi que les principes et les étapes de l'approche. Deuxièmement, nous donnons un bref aperçu sur les outils du PLM. Ensuite, nous passons vers la présentation du PLM dans le domaine industriel tout en introduisant la notion de la recherche et du développement à travers l'étude des tableaux issus de la commission européenne sur les investissements en matière de (R&D) dans plusieurs secteurs à savoir le secteur de la défense, le secteur pharmaceutique ainsi que le secteur de l'automobile. En plus, nous allons essayer d'étudier la liaison existante entre le PLM, l'intelligence artificielle et l'internet des objets et en dernière partie nous serons ramenés vers l'analyse et l'étude du PLM dans les petites structures et plus particulièrement dans l'industrie artisanale tout en présentant les problèmes dont souffre cette industrie ainsi que la proposition de quelques solutions permettant l'amélioration de ce secteur.

II- Généralités sur le PLM

1- Histoire du PLM

Le PLM est une multitude d'outils, méthodes et manières pouvant être efficaces et utiles pour la gestion du cycle de vie du produit.

La gestion du cycle de vie des produits (PLM) est l'activité de gérer les produits d'une entreprise depuis la toute première idée de produit jusqu'à son retrait et son élimination [1].

Il vise à stimuler l'innovation, à accélérer le temps de développement des produits, à réduire les coûts, à améliorer la qualité, à visualiser les informations sur les produits et à réduire les écarts de communication entre les parties prenantes [2].

Selon Debaecker, 2004 le développement de système PLM a été progressif et reste encore en constante évolution [3].

Alors, pour résumer l'histoire de ce genre de système nous pouvons la subdiviser en 3 parties:

Durant les années 80, suite à la complexité des données techniques d'un certain nombre de produits ainsi qu'au besoin ardent de la gestion de la complexité de ces données, une démarche d'intégration aux bases de données est apparue tout en introduisant de nouveaux systèmes centralisés de type bases de données appelés SGDT et qui sont des outils permettant de gérer les données et les processus du développement du produit. Alors, même si ces systèmes ont été créés pour répondre à un besoin de gestion d'un ensemble de données issues des bureaux d'études. L'échange et le partage de ces données reste propre à ces bureaux ainsi que l'utilisation de ces informations reste limitée à la production.

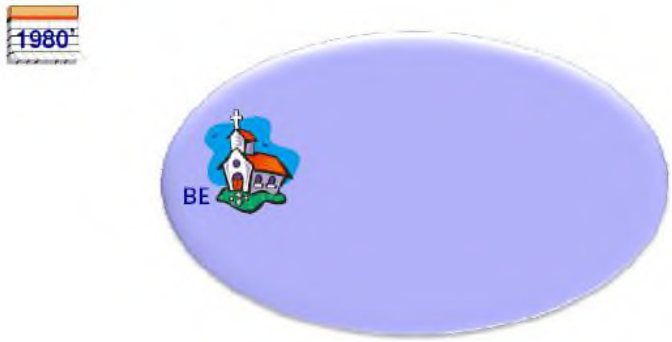


Figure 1: Naissance de l'informatique industrielle au sein des bureaux d'études

Pendant les années 90, plusieurs améliorations ont été introduites dans les systèmes SGDT puisque l'exploitation des données a inclus l'ensemble des services de l'entreprise à savoir (achats, BE, fabrication, logistique, etc). Ces améliorations ont permis l'augmentation de la productivité ainsi que la hausse des gains de l'entreprise.



Figure 2: Evolution des systèmes SGDT pendant les années 90

Pendant les années 2000, d'autres modifications ont été introduites il s'agit plutôt de l'introduction de nouveaux systèmes permettant le partage de l'information entre l'entreprise et l'ensemble des collaborateurs (fournisseurs, partenaires, clients, etc). À savoir que ce partage et cet échange a permis un passage du SGDT vers le PLM ce qui permettra une gestion partagée tout au long du cycle de vie du produit. Alors, la notion du PLM n'a pas été introduite au hasard mais plutôt c'est le résultat d'un ensemble de méthodes de travail pour répondre à un besoin évolutif.

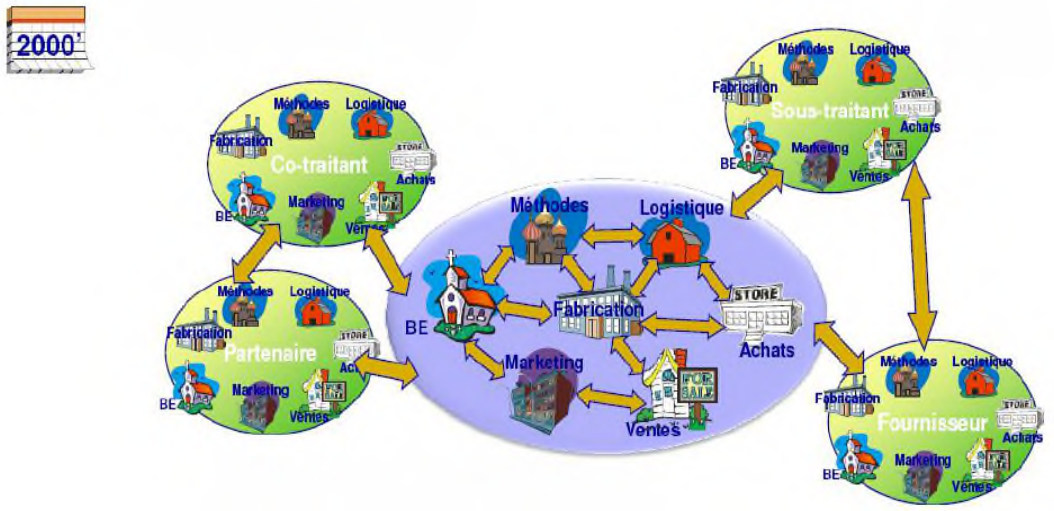


Figure 3: Amélioration des fonctionnalités des SGDT pendant les années 2000

D'autant plus, le PLM a vu le jour pour contribuer à la gestion des workflows et des processus techniques dans l'ensemble des chaines logistiques au niveau mondial.

Nous pouvons dire que le PLM vise à développer les produits tout en introduisant la notion du partage à travers la réutilisation d'un ensemble de données techniques à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise ce qui pourra avoir des répercussions sur le produit tout au long de son cycle de vie.

Alors, le PLM est une notion très vaste ses définitions sont multiples. Il y'a ceux qui considèrent le PLM comme une approche d'autres le caractérisent comme une solution technologique.

Alors, d'après CIMData (cabinet de conseil en management) le PLM est considéré comme une approche stratégique qui met en œuvre un ensemble cohérent de pratiques permettant de supporter la création collaborative ainsi que l'organisation, la diffusion et l'utilisation des informations relatives à la définition du produit au travers de l'entreprise étendue, de la conception à la fin du cycle de vie et d'intégrer les hommes, les processus, les systèmes d'informations et d'organisation [4].

Pour PLMIG (PLM Interest Group) association européenne d'utilisateurs d'universités et d'éditeurs de solutions, le PLM comprend la recherche, la gestion des exigences client, le

développement produit CAO, la FAO, la simulation, le prototypage rapide et virtuel, l'ingénierie concourante, la conception produit/process, le sourcing des composants, l'usinage à commande numérique, la collaboration par internet avec les clients et fournisseurs.

Alors, la notion du PLM peut être conçue comme étant une panoplie d'outils et de moyens tels que:

- Des outils de création, production et simulation des données des produits (CAO, FAO, gestion des documents, etc).
- Des moyens de collaboration, d'entraide et de partage d'un ensemble de données concernant le produit.

Pour Sergio Terzi (2010), il voit que le concept du PLM tourne autour de trois axes: stratégique, organisationnel et technique. Ainsi, il caractérise le PLM comme étant une approche intégrée permettant le partage et la gestion collaborative d'un ensemble de données relatives au produit tout au long de son cycle de vie tout en utilisant une panoplie de technologies de l'information. Alors, le PLM englobe [5]:



Figure 4: Les points de vue que le PLM englobe selon Sergio Terzi [5]

- **Un point de vue stratégique**: Qui caractérise le produit comme étant la seule source permettant à l'entreprise de dégager une valeur ajoutée.
- **Un point de vue organisationnel**: Tout en introduisant la notion de la collaboration et du partage entre l'entreprise et l'ensemble de ses acteurs.
- **Point de vue technique**: A travers l'introduction d'une multitude de solutions informatiques. En effet, plusieurs informations sur les produits n'étaient pas bien organisées et structurées dans l'ensemble des systèmes ce qui engendre des problèmes d'interopérabilité. Mais, actuellement la technologie vise à intégrer l'ensemble des systèmes utilisés durant le cycle de vie du produit dans un même entrepôt de données ce qui aura des répercussions efficaces sur les informations relatives aux produits.

2- Objectifs du PLM

L'approche PLM est considérée comme étant un cadre de référence pouvant être utile pour l'entreprise suivant ses besoins [5]. Elle met l'entreprise au centre des observations sous certaines contraintes relatives à la qualité du produit, à la collaboration entre l'entreprise et l'ensemble de ses acteurs ainsi qu'au savoir faire. Alors, chaque entreprise est en mesure de comprendre et d'utiliser l'approche PLM en fonction de son contexte, de son existant et de ses priorités ce qui mènera l'entreprise vers une étude approfondie de la corrélation entre les buts

reconnus dans l'approche PLM et les buts désignés comme stratégiques pour l'avancement de l'entreprise et dans le cas où il y'a une concordance entre ces deux contraintes, un projet d'entreprise se basant sur une approche PLM peut être mis en exergue.

L'introduction du concept PLM dans une entreprise est très importante. En effet, cette approche permet de mettre en valeur la culture du changement menée dans une entreprise. Aussi, le PLM n'impose pas une méthode à suivre mais plutôt il éclaire le chemin tout en créant un climat favorable à l'entreprise pour mener à terme ses objectifs.

Pour mieux cerner cette approche, nous allons nous intéresser aux buts qui lui sont confiés et qui peuvent être résumés comme suit [6]:

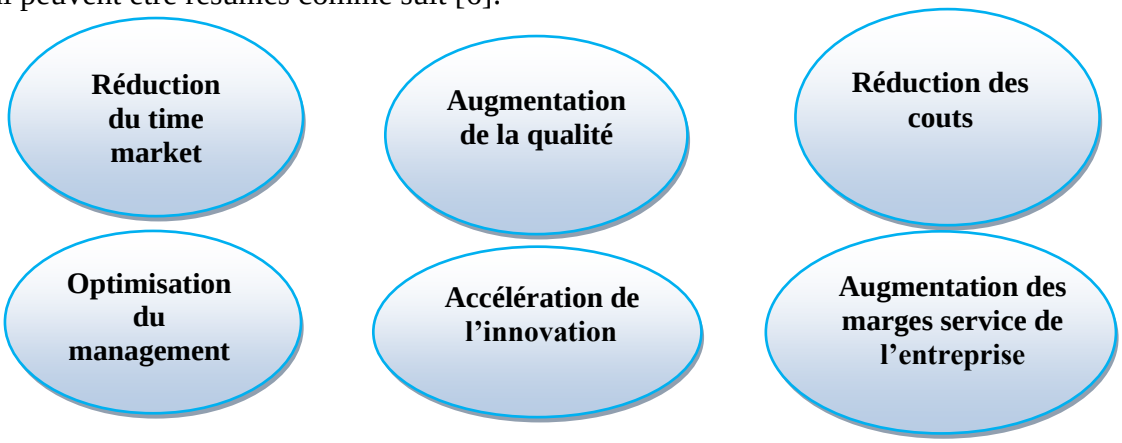


Figure 5: Les buts du PLM

- **Réduction du time market**: Le partage et la structuration des données, le co-engineering (synchronisation entre les métiers) et le travail en réseau (intégration des fournisseurs et sous-traitants) constitue une nouvelle méthode de développement qui réduit considérablement le time market du produit [7] [8].
- **Augmentation de la qualité**: La maitrise des évolutions, le respect des standards et spécifications ainsi que le partage des informations permettent de garantir que toutes les étapes de conception ont été respectées [9] [8] [10] [11].
- **Réduction des couts**: Avec le PLM la perte de temps n'a pas de place, tous les métiers concernés sont intégrés dans le processus pour détecter en avance de phase tous les problèmes de conception, chaque utilisateur pourra accéder à toutes les dernières données à distance et en temps réel. Le PLM permet donc d'aboutir un bon résultat du premier coup, d'anticiper les problèmes et donc de réduire les couts [8] [11] [12] [1].
- **Optimisation du management**: Le partage et l'exploitation des informations ainsi que la structuration des processus permettent d'optimiser leur reporting ainsi qu'un pilotage efficace des projets [8] [11] [12] [1].
- **Accélération de l'innovation**: A travers la formalisation des exigences clients, la maitrise du processus de lancement des nouveaux produits et l'intégration de la simulation numérique, le PLM permet un accompagnement de l'entreprise vers une innovation maitrisée en phase avec le marché [9] [8] [10].

- **Augmentation des marges services de l'entreprise**: La traçabilité des produits de l'entreprise, l'automatisation de la création de ses catalogues SAV (service après vente) ainsi que l'analyse des performances de ses produits contribuent à l'amélioration des ventes de services associés [9] [8] [11] [12].

3- Les principes et les étapes de l'approche PLM

Après avoir identifié l'ensemble des buts du PLM, nous allons essayer de donner une vision générale sur ses principes. Alors, la plupart des auteurs identifient trois principes majeurs se focalisant sur la gestion des informations liées aux produits [13] [14]:

Le premier principe met en valeur la notion du partage modéré, cela veut dire une utilisation des informations liées au produit d'une manière sécurisée.

Le deuxième principe consiste à garder et maintenir l'ensemble des informations concernant les produits de l'entreprise au fil du temps.

Le troisième principe assure une concordance entre la panoplie des informations liées au produit et la réalité évolutive.

Ces différents principes instaurent l'aspect holistique de l'approche PLM, ils mettent le doigt sur la nécessité de prendre en considération le coté informationnel et le coté organisationnel de l'approche puisqu'ils sont corrélés. Pour le coté informationnel, le but est d'instaurer un système géré d'une manière intégrée et capable de stocker et d'étudier l'ensemble des informations issues de toutes les étapes du cycle de vie du produit.

Pour le coté organisationnel, le but est d'essayer de ranger l'ensemble des métiers liés au cycle de vie du produit à travers la création d'une entreprise étendue constituée d'un ensemble d'acteurs et capable d'amener une valeur ajoutée au produit, ce qui pousse vers la rationalisation des processus implémentés durant le cycle de vie du produit.

D'autre part, une certaine cohérence entre l'approche informationnelle et organisationnelle doit être entreprise et cela au niveau stratégique à travers une gestion efficace du portefeuille du produit, et au niveau organisationnel à travers une rationalisation de l'utilisation des technologies de l'information, des processus et des méthodes métiers.

Un projet de type PLM peut être structuré en trois grandes étapes appelées [15]:

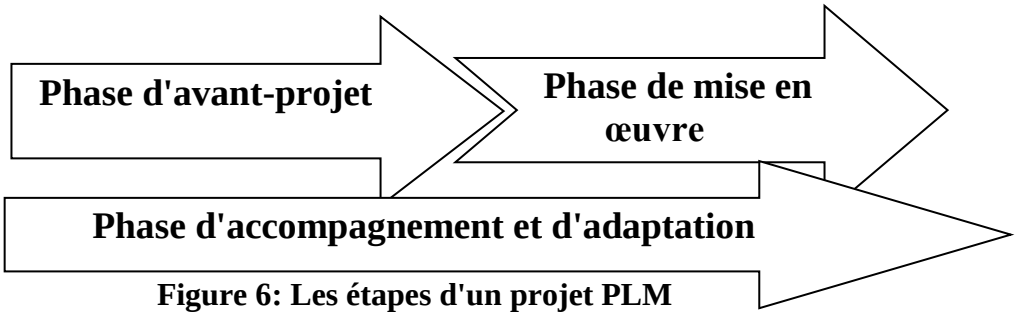


Figure 6: Les étapes d'un projet PLM

Phase d'avant-projet qui commence depuis l'idée de l'implémentation du projet jusqu'au choix de la solution à appliquer. Cette dernière comprend la définition du projet tout en répondant à certaines questions à savoir les raisons pour lesquelles l'entreprise décide

d'adopter la solution PLM, les objectifs du projet ainsi que son périmètre géographique. D'autant plus, lors de cette phase la rédaction du cahier de charge s'avère une tache primordiale puisque ce dernier permet de produire une idée sur l'ensemble des besoins ainsi que sur le système d'information actuel ce qui lègue l'entreprise vers le choix de la solution la plus adéquate afin de pouvoir atteindre les objectifs déjà tracés.

Une deuxième phase appelée phase de mise en œuvre qui se rapporte à l'insertion de la solution choisie tout en assurant une concordance entre cette dernière et l'aspect organisationnel de l'entreprise. Il s'agit d'une étape comprenant l'ensemble des spécifications de l'entreprise à savoir le fonctionnement de l'entreprise ainsi que les besoins des utilisateurs. Cela se rapporte à l'ensemble des fonctionnalités du système, à ses outils de description, aux droits d'accès ainsi qu'à la personnalisation de l'interface utilisateur.

Une troisième étape qui correspond à la phase d'accompagnement et d'adaptation du système: Cette dernière pourra être retrouvée dans les deux phases précédentes puisque l'adéquation du système aux aspects évolutifs du contexte industriel de l'entreprise devra être toujours assurée lors de l'implémentation du projet. D'autant plus, une solution PLM dans une entreprise pourra introduire un changement, d'où la nécessité de prendre plusieurs mesures à savoir:

La favorisation de la communication: La diffusion de l'information va permettre de créer un milieu favorable assurant l'épanouissement du projet puisque les utilisateurs doivent avoir une idée sur les enjeux du projet et sur le rôle de l'ensemble des personnes impliquées dans le projet.

La formation: Cela permet d'expliquer et de donner une idée claire et concise à l'ensemble des employés pour qu'ils soient opérationnels par rapport à l'outil.

La documentation: Se documenter par rapport au nouvel outil est très nécessaire puisque la documentation utilisateur nous mène vers une description concise de l'outil afin d'aboutir aux résultats souhaités.

4- Une Revue de littérature sur le PLM

Il est à rappeler que le PLM peut être vu au sens large comme un modèle centré à la fois sur le produit et sur son cycle de vie puisque les données produit sont partagées entre tous les collaborateurs d'un projet, les acteurs, les parties prenantes et les organisations tout au long du cycle de vie du produit en visant à atteindre les objectifs tracés et promouvoir la durabilité du produit et de ses services [1][5].

Pour (CIMdata Inc., 2003), la gestion du cycle de vie du produit (PLM) reste une approche commerciale stratégique qui applique un ensemble cohérent de solutions commerciales à l'appui de la création, de la gestion, de la diffusion et de l'utilisation collaboratives des informations de définition des produits au sein de l'entreprise étendue, de la conception à la

fin de vie tout en intégrant des personnes, des processus, des systèmes d'entreprise et de l'information [4].

De plus, K.H. Kung et al. (2015) affirment que le PLM favorise l'innovation, accélère le temps de développement des produits, minimise les coûts, améliore la qualité, visualise les informations sur les produits et réduit les problèmes de communication entre les parties coopérantes [2].

Il étend le périmètre aux parties prenantes engagées tout au long du cycle de vie du produit en prenant en considération toutes les étapes notamment la recherche et le développement, la production, la livraison, la maintenance et le recyclage. C'est pourquoi, le PLM reste une solution appropriée pour renforcer la compétitivité des entreprises [16].

Plusieurs auteurs ont donné une importance large à ce concept tout en lui consacrant une multitude d'études, à titre d'exemple nous pouvons citer:

Thomas et al. (2020) présentent un référentiel de métadonnées pour la gestion sémantique du cycle de vie des produits qui fournit une couche de gestion des informations tout en utilisant une architecture informatique minimaliste basée sur le noyau pour afficher et accéder aux données des produits à partir d'une multitude de systèmes sources informatiques [17]. Sakao et al. (2017) visent à proposer une méthode innovante et pratique pour accompagner les industriels dans la conception d'un système produit/service (PSS) pour l'efficacité des ressources et la durabilité [18].

Tchoffa et al. (2021) visent à illustrer, définir et démontrer le caractère évolutif requis du FIF (Federated interoperability Framework) depuis sa genèse en décrivant les évolutions passées, présentes et futures notamment pour le banc d'essai des normes PLM, la fabrication virtuelle et les CPS (Systèmes Cyber Physiques) [19].

Liu et al. (2020) proposent un cadre PLM industriel basé sur la blockchain pour accélérer l'échange de données et la distribution de services dans le cycle de vie du produit. Tout d'abord, ils ont suggéré le concept de blockchain industrielle comme l'utilisation de cette technologie dans l'industrie avec l'intégration de l'IOT, du M2M et d'algorithmes de consensus efficaces. Les auteurs ont proposé une plate-forme ouverte et sécurisée de stockage et d'échange d'informations pour les différentes parties prenantes afin d'atteindre l'ouverture, l'interopérabilité et la décentralisation à l'ère de l'Industrie 4.0 [20].

Jiewu et al. (2020) examinent comment la blockchain peut surmonter les obstacles potentiels à la durabilité à partir de deux perspectives à savoir la perspective du système de fabrication et celle de la gestion du cycle de vie du produit, l'enquête examine d'abord la littérature sur ces deux perspectives. Après cela, l'état de la recherche sur la fabrication durable basée sur la blockchain est présenté ainsi que les défis et les barrières sociales que la technologie blockchain saura trouver afin d'assurer une pérennité au niveau industriel et commercial [21].

Mc Kendry et al. (2022) introduisent le premier cadre de mise en œuvre de la gestion du cycle de vie des produits dans des programmes d'ingénierie personnalisés à haute valeur ajoutée. Lors de la mise en place du PLM, et afin de décider de l'approche PLM à utiliser, il est indispensable de réaliser une démarche qui doit inclure les objectifs stratégiques et les processus de base à mettre en œuvre. La recherche souligne d'abord que l'échelle, la complexité, l'incertitude, la longue durée de vie, la gestion de la maturité et l'incapacité de prototyper des produits d'ingénierie sur commande (ETO) entraînent des défis importants nécessitant une approche sur mesure pour la mise en œuvre du PLM. Afin de développer le cadre permettant de relever ces défis, une analyse thématique de 27 entretiens semi-structurés de praticiens PLM dans le cadre du développement de produits ETO a été réalisée [22].

Il est à noter que les auteurs (J.D. Camba et al., 2016) proposent une approche pour choisir le système le plus approprié pour les PME. Ainsi, pour choisir le système PLM le plus efficace, ils proposent une méthodologie basée sur un processus de détermination des besoins, de spécification des exigences de gestion ainsi que l'évaluation d'un fournisseur pour pouvoir mettre en place ce type de système[23].

Les auteurs Bertoni et al. (2022) ont réalisé une revue systématique de la littérature combinée à une étude cartographique pour comprendre comment les jumeaux numériques sont appliqués aujourd'hui tout au long du cycle de vie du PSS (début de vie, milieu de vie et fin de vie), en termes de types, de capacités, de facettes de recherche et des aspects de contribution [24].

Ebel et al. (2022) soutiennent les entreprises centrées sur les produits dans l'innovation de services intelligents centrés sur le client avec une approche de conception de services basée sur des modèles proposés par les auteurs, tout en relevant le défi d'évaluer le potentiel des technologies numériques pour créer de nouvelles opportunités commerciales, en passant de la vente de produits transactionnels à une approche axée sur les solutions déjà en phase de conception. Il s'agit d'une étude qui concorde avec d'autres chercheurs qui soutiennent que les défis de l'innovation peuvent être relevés plus efficacement en recombinant les connaissances existantes. Cela part également de l'hypothèse selon laquelle les modèles commerciaux innovants ne doivent pas être créés au hasard sans prendre en considération les modèles déjà établis; au contraire, beaucoup se réfèrent à des schémas existants et les recombinent [25].

Woitsch et al. (2022) proposent une approche basée sur un modèle, y compris le jumelage numérique tout en observant qu'il existe un écart en ce qui concerne l'intégration des données entre la fabrication et l'utilisation des produits et services. Une approche basée sur un modèle, y compris le jumelage numérique, est appliquée pour combler cet écart et montrer comment les données peuvent être intégrées tout au long du cycle de vie du produit et du service. L'approche conceptuelle d'un tel environnement de jumeau numérique est présentée sous la forme d'un méta-modèle pour décrire comment l'intégration pourrait être facilitée et guidée dans la fabrication. Les résultats du projet européen Change2Twin, où un jumeau numérique est établi pour un pilote de production de peinture, sont présentés par les auteurs. Ce pilote de fabrication industrielle s'appuyait sur des modèles de processus de production. De plus, une

expérience physique a été créée pour sensibiliser aux défis de la numérisation et de la servicisation (la transition de l'entreprise manufacturière de la vente de produits (biens) vers la vente d'offres intégrées produit-service) [26].

L'approche PLM est considérée comme un cadre de référence qui peut être utile à l'entreprise en fonction de ses besoins. Elle place l'entreprise au centre des observations sous certaines contraintes relatives à la qualité du produit, à la collaboration entre l'entreprise et l'ensemble des parties prenantes ainsi qu'au savoir-faire. Ensuite, chaque entreprise est en mesure d'appréhender et d'utiliser la démarche PLM en fonction de son contexte, de son existant et de ses priorités. Pour cela, nous allons essayer dans les prochaines parties de présenter les outils du PLM ainsi que l'expérience du PLM dans certains secteurs industriels.

III- Les outils du PLM

1- Analyse des piliers de l'entreprise numérique

1-1- La gestion du référentiel produit

L'implémentation des outils collaboratifs demeure un souci pour l'ensemble des distributeurs et des entreprises industrielles quelles que soient leurs tailles, la mise en œuvre assure une réponse à l'ensemble des questions relatives à la gestion des données produit.

A vrai dire, pour introduire toute démarche de collaboration il est essentiel d'instaurer un référentiel produit qui représente un référentiel central et singulier implémenté au sein des entreprises pour assurer la gestion d'une multitude d'informations relatives au produit.

Alors, la plupart des entreprises industrielles doivent gérer une panoplie d'informations et de données ne cessant de s'accroitre suite à la multiplication et l'élargissement de la gamme du produit. D'autant plus, et face à l'ensemble des évolutions cadrées par une atmosphère en échange permanent suite à plusieurs phénomènes à savoir la globalisation, les progrès technologiques etc, les entreprises sont ramenées à suivre l'ensemble des évolutions et des transformations tout au long du cycle de vie du produit.

.

Le référentiel produit élément stratégique du système d'information

Le référentiel produit assure une centralisation et un stockage de l'ensemble des informations, documents et données relatifs aux produits de l'entreprise. C'est une solution assurant une circulation de l'intégralité des données tout au long du cycle de vie du produit afin d'assurer un usage performant de l'ensemble des informations ainsi que leur échange avec les différents acteurs du projet.

Alors, suite à l'utilisation d'un ensemble d'interfaces dédiées à cette finalité, le référentiel assure un accès direct pour chaque acteur à ses projets, documents ou produits relatifs à son métier.

A titre d'exemple et pour fabriquer un produit, il est essentiel de faire référence à un ensemble de documents et d'informations à savoir (cahier de charge, articles, caractéristiques du produit, etc). Pour cela, le référentiel produit s'intervient afin de pouvoir tisser un lien structurel entre l'ensemble des données métiers tout en facilitant la navigation dans la structure des données métiers. D'autant plus, décortiquer l'information permet à la solution

d'intégrer des fonctionnalités susceptibles de valoriser le projet à savoir (la génération documentaire, la consolidation de l'information, etc).

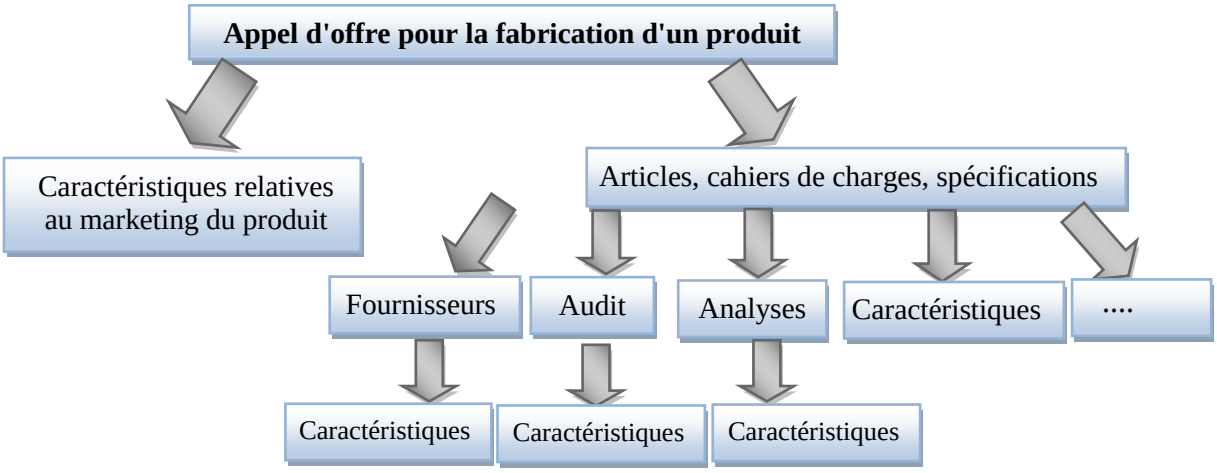


Figure 7: Exemple d'un appel d'offre pour la fabrication d'un produit

Le référentiel produit demeure un pilier essentiel permettant la création de liens entre l'ensemble des données ce qui pourra faciliter la collaboration entre l'ensemble des acteurs au sein d'une entreprise. De ce fait, il permet d'accélérer la diffusion des produits sur les canaux de vente ce qui pourra assurer une diffusion en une large gamme du produit artisanal afin qu'il soit commercialisé à l'échelle nationale et internationale.

1-2 Gestion de la relation client (Customer Relationship Management)

Définition

CRM (Consumer Relationship Management): Cela indique l'outil de gestion de la relation avec les clients ce qui permet d'avoir les données clés concernant les clients, les appels téléphoniques, les appels d'offres. Alors, si le CRM est intégré avec le PLM et l'ERP les taches de l'entreprise peuvent se faciliter (les commandes en place, le paiement d'offres, etc).

Le CRM se focalise sur les relations entre l'entreprise et les individus à savoir: Les clients, les utilisateurs, les collègues et les fournisseurs.

Le CRM englobe 3 notions:

- **Le CRM en tant que technologie**: Généralement le CRM est conçu comme un produit technologique utilisé par les équipes pour pouvoir enregistrer, analyser et suivre l'ensemble des interactions entre l'utilisateur et l'entreprise.
- **Le CRM en tant que stratégie**: Puisqu'il permet une gestion efficace des relations avec les clients et les clients potentiels.
- **Le CRM en tant que processus:** Puisqu'il assure un développement des relations entre le client et l'entreprise.

Les aspects du CRM

Tout en garantissant un suivi des prospects et des clients, le CRM permet à l'entreprise d'approfondir ses relations avec l'ensemble de ses partenaires afin d'acquérir et fidéliser des clients. Aussi, il permet à l'utilisateur de bénéficier d'une vue globale depuis un emplacement centralisé à travers l'introduction de la notion des tableaux de bord permettant de retracer l'historique des interactions clients, le statut des commandes et les problèmes de service non

résolus. Le CRM a un ensemble d'aspects parmi eux nous pouvons citer: Un aspect communicatif qui prend en charge les interconnections entre l'entreprise et les clients actuels et potentiels, il s'agit des emails, SMS et appels téléphoniques. Et un Aspect collaboratif qui se rapporte à une collaboration entre plusieurs équipes ainsi qu'entre les parties internes et externes qui sont en lien avec l'entreprise. Cela pourra se contenter juste aux services mais aussi inclure les clients, les partenaires et les fournisseurs.

Les perspectives du CRM

Dans le but de comprendre et de développer une stratégie CRM. Il est essentiel de définir la notion du CRM puisqu'il est en forte liaison avec le développement informatique. Alors, les entreprises, les cabinets d'audit et les fournisseurs chacun d'entre eux aura une conceptualisation afin de créer sa propre définition. A vrai dire, les différentes définitions peuvent être regroupées selon trois perspectives: Perspective relative au niveau fonctionnel, perspective s'intéressant au client, et une perspective s'intéressant à l'entreprise.

- **Perspective relative au niveau fonctionnel**: D'un point de vue fonctionnel, le CRM se réfère à l'ensemble des processus qui doivent être mis en place pour exécuter des taches en liaison avec le client telles que la force de vente, l'automatisation ou la gestion de la compagnie en ligne. Cette perspective est souvent associée à une forte orientation technologique se posant avec acuité lorsque les fournisseurs essayent de mettre leur produit sur le marché. Pour certains acheteurs ou vendeurs le CRM fonctionnel est synonyme à la technologie.
- **Perspective s'intéressant au client**: D'un point de vue client, le CRM représente un ensemble d'activités permettant de fournir une vue unique du client. Alors, ce genre de CRM évolue suite à la naissance du besoin de gestion des différents canaux d'une manière cohérente afin de se concentrer sur l'évolution des besoins du client. L'objectif est de construire une vision sur tous les canaux du contact et d'essayer d'introduire l'intelligence dans l'ensemble des fonctions en liaison avec le client (marketing, services, vente, etc). Cela souligne l'importance de coordonner les informations dans le temps et entre l'ensemble des canaux afin de pouvoir gérer systématiquement la relation client.
- **Du point de vue de l'entreprise étendue**: Si nous mettons l'accent sur le CRM tout en prenant en compte la notion de l'entreprise étendue, nous pouvons voir que le CRM est vu comme une orientation stratégique pouvant influencer les choix du client dans toute l'organisation afin de générer une valeur ajoutée. Alors, la connaissance des clients, de leurs préférences pourra affecter toutes les parties de l'organisation y compris les fonctions frontières telles que R&D ou Supply Chain Management (SCM).

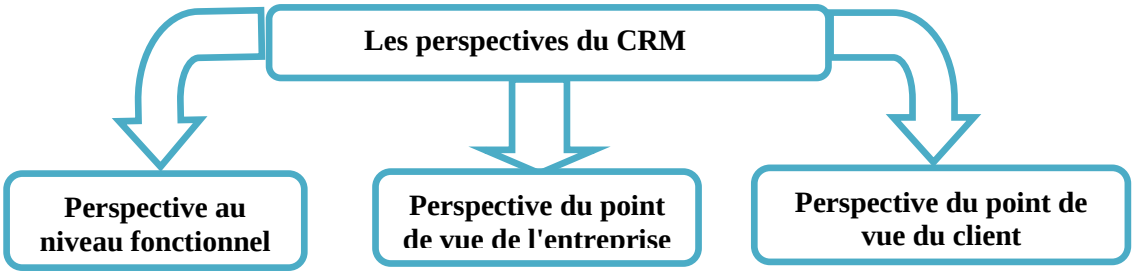


Figure 8: Les perspectives du CRM

1-3 Supply Chain Management

De nos jours, la dynamique du marché doit survivre dans un environnement caractérisé par une concurrence énorme et une compétitivité féroce, ce qui pourra être traduit par un passage des entreprises de la gestion de production classique vers la gestion de la chaine logistique pour pouvoir faire face aux attentes des marchés. A vrai dire, le SCM est conçu comme un levier de compétitivité pour les petites structures puisqu'il assure une réduction des couts, une élimination des taches impactant les délais et une satisfaction des clients.

Définition de la chaine logistique:

Une panoplie de définitions de la chaine logistique existe. Alors, ce concept se rapporte généralement à un produit fini ou à une famille de produits tout en faisant intervenir plusieurs entreprises et plusieurs acteurs, ces derniers sont liés à des flux à savoir: Le flux d'information, le flux physique et le flux financier.

D'autant plus, les entités partenaires assurent les fonctions d'approvisionnement, de transformation/ production, de distribution ou de vente.

Alors, une chaine logistique est conçue comme un système de fournisseurs, de producteurs, de sous-traitants, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent des flux matériels de l'amont vers l'aval, des flux d'information dans les deux sens [27][28] et des flux financiers de l'aval vers l'amont.

Activités d'une chaine logistique

Parmi les principales fonctions d'une chaine logistique nous distinguons:

- **L'approvisionnement**: Afin d'améliorer la qualité des produits fabriqués, de réduire les couts et par la suite les prix, il est essentiel de faire intervenir cette fonction. Alors, les délais de livraison des fournisseurs et la fiabilité de la distribution influent plus que le temps de la production sur le niveau de stock ainsi que le niveau de service de chaque fabriquant [29].
- **La production**: Cela concerne l'ensemble des changements subis par les composants afin de pouvoir concevoir des produits finis.
- **Le stockage**: Les tonnes de stockage sont très importantes tout au long de la chaine pour pouvoir réaliser des produits.
- **La distribution et Le transport**: Ce genre de problèmes est vu sous plusieurs angles puisque ce phénomène pourra être étudié tout en s'intéressant aux quantités des produits avec une minimisation des couts de transport et de stockage tout au long de la chaine. D'autre part, ce phénomène pourra être conçu tout en mettant l'accent sur les moyens de transport pouvant optimiser la distribution.
- **La vente:** Tout en développant un ensemble de relations vis-à-vis du client (négociation des prix et des délais, etc), ce service permet une meilleure connaissance du marché.

Concernant les activités de la chaine logistique, elles ont été évoquées dans le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) à savoir:

- **Planifier**: Mettre en concordance après étude et prospection les capacités avec la demande.
- **Approvisionner**: Cela concerne le fait de fournir l'ensemble des dispositions de matière.

- **Fabriquer**: Cela regroupe l'ensemble des actions de transformations des matières en produits.
- **Distribuer**: Cela met l'accent sur l'action permettant la répartition des produits suivant la demande (gestion des commandes, etc).
- **Retourner**: Cela regroupe les actions relatives aux flux de retour du produit.

Les Flux de la chaine logistique

Une chaine logistique peut contenir plusieurs types de flux à savoir:

- **Les flux physiques**: Permettent de donner une idée sur l'ensemble des matières existantes dans les maillons de la chaine.
- **Les flux financiers**: Correspondent aux échanges monétaires, ces flux ne peuvent pas exister sans l'intervention des flux physiques puisque ces derniers se trouvent face à un ensemble d'activités (production, transport, stockage, etc) ce qui engendre la création des flux financiers.
- **Les Flux d'information:** Cela correspond à l'ensemble des transferts d'information entre les acteurs de la chaine logistique. Il peut inclure des données commerciales ou bien des informations à caractère technique (caractéristiques physiques du produit, suivi du niveau du stock, production, capacité du transport, etc).

Le flux d'information et celui de la matière sont ordonnés et séquentiels comme il est montré dans la figure suivante:

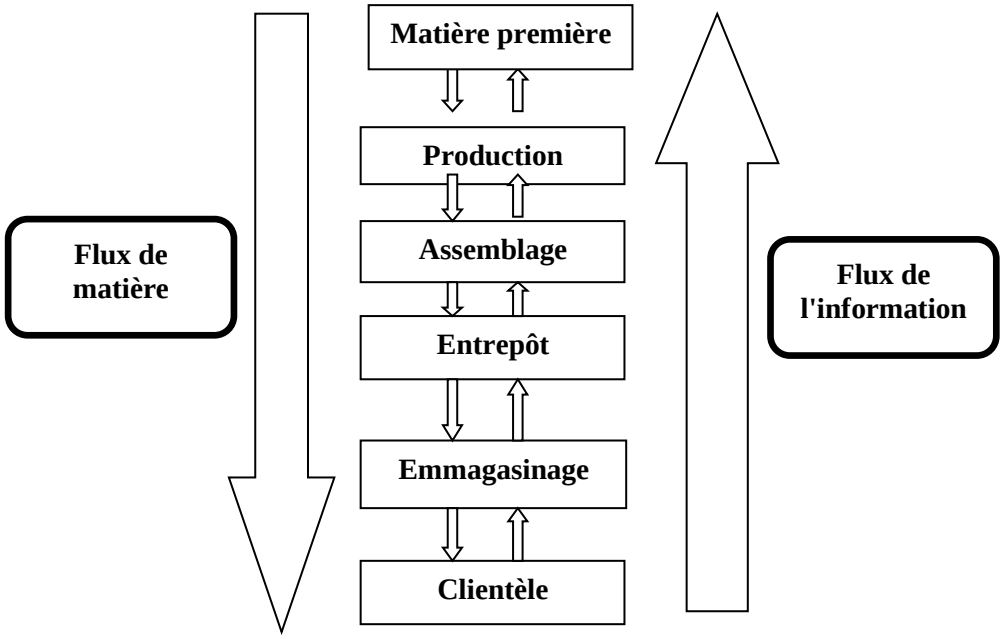


Figure 9: Découpage des flux de matière et de l'information dans la chaine

D'autant plus, il existe plusieurs approches permettant d'intégrer le cycle de vie et la chaine logistique à savoir: des approches cartésiennes qui englobent les réseaux de files d'attentes, SADT (Structured Analysis Design Technique), SART (Structure Analysis Real Time), et des approches systemiques à savoir: CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture), PERA (Purdue Entreprise Reference Architecture) et GERAM(Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology).

1-4 Les ERP dans les SI

Les entreprises évoluent dans un environnement de plus en plus complexe et changeant. Elles confrontent aujourd'hui plusieurs problèmes: des marchés saturés, une compétitivité accrue, des clients plus exigeants et moins fidèles, etc. Dans leur recherche de compétitivité, le principal obstacle auquel se heurtent les entreprises est la difficulté d'obtenir des données, des informations précises et des interfaces convenables entre les différentes fonctions de l'entreprise. Le problème vient du fait que l'entreprise est organisée généralement selon un modèle fonctionnel caractérisé par la dispersion de l'information sur plusieurs sous-systèmes. Pour faire face à cela, l'entreprise tente de modifier son organisation verticale par fonction pour passer à une organisation horizontale où les processus sont orientés client. Ce nouveau modèle suppose l'intégration des principaux processus de l'entreprise et la mise en place d'un système d'information cohérent garantissant l'unicité de l'information et l'accès à celle-ci à partir de toutes les fonctions de l'entreprise. Les ERP viennent supporter de telles orientations organisationnelles et stratégiques.

Définition d'un ERP

Un ERP (Enterprise Resource Planning, en français Progiciel de Gestion Intégré ou PGI) est, selon le grand dictionnaire terminologique, un «logiciel qui permet de gérer l'ensemble des processus d'une entreprise, en intégrant l'ensemble des fonctions de cette dernière notamment la gestion des ressources humaines, la gestion comptable et financière, l'aide à la décision, la vente, la distribution, l'approvisionnement, le commerce électronique, etc»

Le principe fondateur d'un ERP est de construire des applications informatiques (paie, comptabilité, gestion de stocks, etc) de manière modulaire (modules indépendants entre eux) tout en partageant une base de données unique et commune. Cela crée une différence importante avec la situation préexistante (les applications sur mesure existantes avant les ERP) car les données sont désormais supposées standardisées et partagées, ce qui élimine les saisies multiples et évite l'ambiguïté des données de même nature.

L'autre principe qui caractérise un ERP est l'usage systématique d'un moteur de workflow, pas toujours visible par l'utilisateur. Il permet, lorsqu'une donnée est entrée dans le système d'information, de la propager dans tous les modules du système qui en ont besoin, selon une programmation prédéfinie.

A l'origine, les ERP étaient principalement destinés aux grandes entreprises ou aux multinationales. Cependant, le marché des ERP tend à s'orienter aussi vers les PME/PMI et les TPE, de telle sorte que certains éditeurs conçoivent actuellement des ERP uniquement pour ce type de structure. Ce choix se justifie par une prise de conscience de la part des éditeurs que les besoins organisationnels pour les PME sont les mêmes que pour les grandes boites, à des proportions près.

La structure informatique d'un ERP

Les ERP présentent une structure informatique de type « client/serveur » à trois niveaux:

- Le niveau « Présentation »: Il constitue l'interface utilisateur.
- Le niveau « Applications »: Il correspond aux fonctions de traitement de l'information.

- Le niveau « Base de données »: Il gère les grands volumes de données que l'entreprise conserve.

De plus, les ERP sont compatibles pack Office, en particulier pour Powerpoint et Excel. Ils sont aussi adaptés à des outils de reporting.

La figure suivante illustre l'architecture technique d'un ERP:

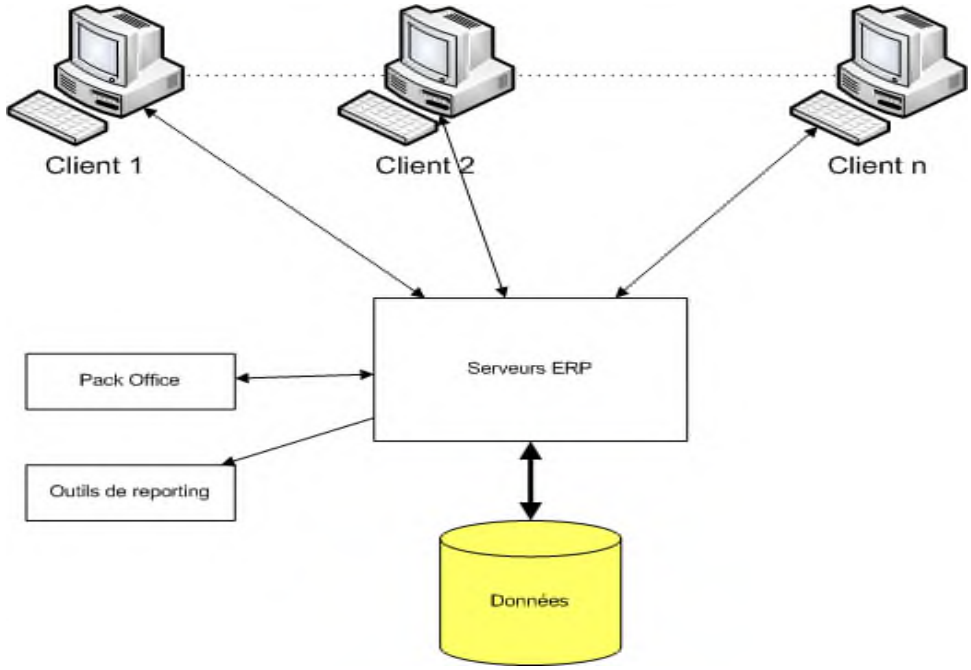


Figure 10: Architecture technique des ERP

Les ERP peuvent travailler dans des environnements hétérogènes en ce qui concerne les matériels et les logiciels de base: L'entreprise peut choisir les fournisseurs des matériels, des gestionnaires de bases de données et des systèmes d'information. Il est à remarquer que l'instauration d'un ERP au sein des petites structures va garantir une optimisation du travail d'équipe et une cohésion entre les services, un gain du temps et une participation à faire évoluer l'entreprise ainsi qu'une augmentation du chiffre d'affaire.

Le positionnement et différence entre PLM et ERP

A vrai dire, le PLM et l'ERP doivent assurer une gestion efficace et collaborative de l'ensemble des données du produit. Le tableau suivant essaye de présenter les différences entre le PLM et l'ERP sous divers aspects (Objectif, données, périmètre, etc).

Tableau 1: Différence entre PLM et ERP sous plusieurs aspects

	PLM	ERP
Objectif	**L'innovation devient plus difficile**	**L'exécution devient plus facile**
Culture	**Flexible**	**Structurée**
Données	**Information**	**Ressources**
Historique	**Toutes versions**	**Une seule version**
Accès	**Collaboratif**	**Restreint**
Périmètre	**Entreprise étendue**	**Entreprise**
Relations	**Complexes et dynamiques**	**Simples**

Les ERP et le PLM gèrent des processus de données qui se caractérisent par une forte liaison. Alors, les interactions existantes entre ces processus se retrouvent comme suit:

Tableau 2: Les interactions entre le PLM et l'ERP

PLM	ERP
	Planification de production
	Gestion des stocks
	Administration des ventes
	Exécution de la fabrication
	Logistique
	Gestion financière
Achats et sous-traitance	
Gestion des exigences	
Conception système détaillée	
Gestion de la configuration	
Gestion du processus de fabrication	
Gestion des modifications	

La complémentarité entre PLM et ERP

ERP (Entreprise Resource Planning): Permet une automatisation des processus de fabrication et de la chaine logistique, ce qui nous mène à dire que l'objectif premier de l'ERP reste classique à savoir une productivité plus élevée, une efficacité meilleure et une réduction du retard. D'autre part, et comme il a été déjà cité auparavant, le PLM a pour objectif d'optimiser la gestion des produits tout au long de leur cycle de vie depuis la création jusqu'au démantèlement.

Alors, la différence entre les deux outils se situe tout d'abord au niveau des données gérées ce qui veut dire que même si les deux outils ont des fonctions qui se rapprochent. La différence réside dans les informations centrales qui ne sont pas les mêmes. Alors, l'ERP se focalise sur les biens physiques et les flux d'articles, tandis que le PLM est centré sur la composition et l'interdépendance entre l'ensemble des composants du produit.

Alors, le PLM et l'ERP doivent constituer une relation de complémentarité puisque tous les deux sont nécessaires. La seule chose c'est qu'il faut disposer d'une seule version de la vérité du produit afin d'éviter les erreurs de ressaisies ce qui permet d'assurer le suivi des versions des documents et des produits évoluant en parallèle.

2- Processus du PLM et ses principales fonctionnalités

A vrai dire, le projet PLM repose sur des méthodes collaboratives assurant un partage, une centralisation et une harmonisation des informations relatives aux produits.

Donc, les outils du PLM s'interviennent pour assurer une simplification des échanges de l'information.

Parmi ces outils nous retrouvons la gestion des projets et le reporting, la visionneuse 2D/3D, la gestion des données, la conception assistée par ordinateur, la gestion de la maquette numérique et la gestion de configuration.

A vrai dire, le PLM demeure une stratégie très intéressante. Pour cela, nous allons essayer de rappeler cette notion à travers l'introduction de certains logiciels de gestion du cycle de vie du produit à savoir Windchill.

2-1 Description du logiciel Windchill

Windchill demeure l'un des principaux logiciels de gestion du cycle de vie du produit (PLM) dans les petites structures, il assure une gestion efficace des contenus techniques et des processus métiers tout au long du cycle de vie du produit. C'est une famille de logiciels de gestion du cycle de vie des produits proposée par PTC.

Il est utilisé par les industries manufacturières pour la gestion de leur base de données et le partage au sein des équipes, il est basé sur le web. Il est également utilisé pour créer, gérer et réutiliser des structures de produits et leurs contenus associés, tels que des fichiers CAO, la documentation, des informations de fabrication, des informations de service, des données de pièces/fournisseurs, des calculs.

C'est un logiciel basé sur le web: vous pouvez y accéder à partir d'un navigateur internet Firefox, Chrome, etc.

Première version	La version stable	Modules	Clients
En 1998, avant 25 ans.	11.2.1.0 en décembre 2019.	PDM links MPM links	Aérospatial, électronique Automobile, produits industriels.....

Figure 11: Description du logiciel Windchill

Il est à remarquer que Windchill comporte un certain nombre de modules:

- **PDM links:** Il s'agit d'une interface Web pour la gestion des données produit tout en permettant la gestion de configuration, il collabore avec des applications CAO, des logiciels et des systèmes ERP, il est accessible de n'importe quel emplacement. Il permet la gestion des données CAO, la gestion des documents, etc.
- **Project Links:** gestion de projet, plans, projet Microsoft, diagramme de Gantt, délais, etc.
- **MPM Links:** Il s'agit d'un outil qui utilise des informations d'ingénierie pour créer et stocker les processus utilisés pour fabriquer le produit. Alors, à partir d'un ensemble de modèles CAO la nomenclature produit (EBOM) est créée et qui correspond donc à la définition technique et fonctionnelle des produits. Elle est la composition du produit final, c'est-à-dire qu'elle est constituée de l'intégralité des composants nécessaires au produit. Et qui va ensuite être modulée en fonction de l'usage que l'on veut en faire ou la vision qu'on souhaite en avoir. Après cela, le MBOM pourra être créé et qui se concentre sur les pièces nécessaires à la fabrication d'un produit tout en utilisant le référentiel EBOM comme point de départ et le réorganiser pour produire des MBOM en fonction des contraintes imposées. Le MPM links est nécessaire afin de réorganiser le processus de fabrication, valider les conceptions et réduire les erreurs lors de la fabrication.

D'autant plus, il s'agit d'une interface facile rapide et performante avec l'usage des technologies de la dernière génération (HTML 5.0) permettant l'accès au référentiel de l'entreprise à travers un navigateur web assurant le fonctionnement du logiciel quelle que soit

la plateforme utilisée comme des smartphones, tablettes et écrans tactiles. De même, il assure l'accès à l'ensemble des fonctionnalités comme trouver les cas d'emploi, visualiser des nomenclatures, effectuer des recherches simples ou évoluées. De plus, toutes les fonctions nécessaires aux utilisateurs sont à portée de main: L'accès est sécurisé, chaque utilisateur aura un ensemble d'actions conformes à son service et à ses autorisations. Du coup, Windchill saura gérer les données CREO ainsi que l'ensemble des acteurs du marché de la CAO mécanique comme Autocad.

Exemple de certaines fonctionnalités de windchill

- **PTC Windchill prediction**

La prévision de fiabilité est une technique d'analyse quantitative utilisée pour prévoir le taux de défaillance d'un système, sur la base des composants du système et de ses conditions de fonctionnement. Une prévision de fiabilité est généralement effectuée à l'aide d'un manuel accepté et publié, qui définit les équations du taux de défaillance des différents composants utilisés dans la conception du système. Ces équations ont été développées à l'aide des techniques statistiques permettant d'analyser les données de défaillance collectées sur l'équipement en fonctionnement réel. Les équations tiennent compte de divers paramètres, comme la qualité des articles et les contraintes de fonctionnement, qui ont un effet sur la fiabilité des composants.

Réaliser cette analyse à la main peut être une tâche ardue, longue et entachée d'erreurs. L'utilisation d'une application logicielle telle que PTC Windchill Prediction pour effectuer cette analyse permet d'accroître fortement l'efficacité et la précision de nos analyses.

- **PTC Windchill FRACAS**

FRACAS est un système de création de rapports d'incidents et d'actions correctives en boucle fermée. Ce type de système est également appelé, entre autres, DRACAS (Data Reporting, Analysis, and Corrective Action System), PRACA (Problem Reporting, Analysis, and Corrective Action). La réduction du coût de qualité inférieure (COPQ), l'amélioration de la prochaine génération de conceptions de produits, la réduction des coûts de garantie et la conformité aux normes sont les raisons principales, parmi d'autres, pour lesquelles les entreprises déploient des systèmes d'actions correctives en boucle fermée.

Un système de type FRACAS permet de suivre, de mesurer et finalement d'améliorer la fiabilité d'un produit, d'un service, d'un processus ou d'une application logicielle. Un système FRACAS doit pouvoir enregistrer et analyser avec précision des informations importantes liées aux incidents pour que des actions correctives efficaces puissent être rapidement identifiées, mises en œuvre et vérifiées.

- **PTC Windchill Maitainability**

Les prévisions de maintenabilité produisent des mesures liées à la réparation de l'équipement. L'objectif principal d'une prévision de maintenabilité est de déterminer le temps nécessaire à l'exécution des tâches de réparation et de maintenance et les tâches qui devront être exécutées pour rétablir le système à un état de fonctionnement après une défaillance.

La mesure principale des prévisions de maintenabilité est le temps moyen avant réparation (MTTR, Mean Time To Repair), qui est calculé de différentes manières selon la procédure d'analyse de maintenabilité. Il existe également d'autres mesures de réparation importantes,

telles que le temps de maintenance corrective moyen (MCMT) et le temps de maintenance préventive moyen (MPMT).

- **PTC Windchill LCC**

L'analyse LCC (Life Cycle Cost) permet de calculer le coût d'un produit ou d'un système sur sa durée de vie. En incluant tous les coûts, qu'ils soient liés à la conception, la production, la garantie, la réparation et la mise au rebut, les analyses LCC produisent une évaluation précise du coût total d'un système.

Il est à remarquer que le PLM demeure une stratégie très importante qui pourra être assurée par un ensemble de logiciels à savoir Windchill. Pour cela, nous avons jugé nécessaire de décrire les processus du PLM et ses principales fonctionnalités à savoir: La gestion des projets, la gestion des données la conception assistée par ordinateur, etc.

2-2 La gestion des projets et reporting:

Il est essentiel d'insérer un planning du projet qui pourra répondre à certains objectifs:

- Accompagner et apprécier le déroulement du projet tout en allouant des taches précises aux membres de l'équipe.
- Donner un poids aux membres de l'équipe tout en leur confiant certaines responsabilités avec une vision claire des activités attribuées.
- Démocratiser la vision du projet au sein de l'équipe tout en introduisant l'ensemble des étapes qui le constituent, les acteurs et les délais.

La gestion des projets

La gestion des projets est un domaine très vaste incluant un ensemble d'outils techniques et méthodes assurant à l'équipe du projet une direction, une organisation et une concordance de l'ensemble des missions effectuées au sein du projet afin de pouvoir réaliser les objectifs qui lui sont assignés. Alors, la gestion des projets inclut plusieurs objectifs à savoir:

- **Anticiper:** Lors du démarrage d'un projet, ce dernier reste qualifié par un certain doute puisqu'il est sévère même inaccessible d'avoir une vision claire sur l'ensemble des paramètres pouvant faire le choix optimal. A vrai dire, la prise du risque est inévitable la seule prise c'est qu'il faut organiser à l'avance l'ensemble des moyens pouvant nous aider à échapper à ces risques et à remédier aux problèmes survenus c'est-à-dire anticiper.
- **Coordonner et communiquer:** La réussite d'un projet dépend du rôle primordial joué par la communication entre l'ensemble des acteurs d'un projet. Alors, la communication reste un facteur clé pour pouvoir coordonner l'utilisation des moyens afin de réaliser les objectifs tracés. D'autant plus, la communication assure un lien structurel entre le maitre d'ouvrage et l'équipe du projet. A vrai dire, un projet réussi repose essentiellement sur la réalisation des sous projets ainsi que la veille sur la cohérence et l'harmonie entre ces derniers pour atteindre l'objectif tracé.
- **Gérer les couts/ délais/ performances:** Assurer un équilibre entre le budget et le délai reste l'un des défis pris en charge par l'entreprise puisqu'il y'a toujours des différences et des écarts entre l'anticipation et la réalisation. Pour cela, un arbitrage entre l'ensemble des variables est obligatoire à savoir le niveau de qualité ou de performance et les délais.

Le reporting

Le reporting joue un rôle important dans la gestion des projets puisqu'il assure une communication entre l'ensemble des acteurs sur le déroulement du projet, l'avancement des plannings, sur le budget alloué au projet ainsi que sur l'ensemble des problèmes qui entravent sa continuité. Aussi, les évolutions du projet peuvent déclencher une différence entre l'anticipation faite au début du projet et les données constatées réellement, ce qui pourra donner lieu à des nouvelles données qui doivent être étudiées et analysées ceci ne pourra se faire qu'avec l'intervention du reporting afin de pouvoir assurer une rationalisation des dépenses, un gain du temps et un suivi des ventes.

- **Les dépenses:** Parmi les nécessités et les sujets préoccupants l'ensemble des chefs du projet on retrouve l'analyse des couts générés par le projet. Cela reste très important lors de l'ensemble des étapes de réalisation pour assurer le respect du programme prévisionnel afin que le projet puisse dégager une valeur ajoutée. A partir de cela, nous pouvons déduire que le reporting est important pour réaliser des profits afin de pouvoir donner une visibilité financière sur l'avenir.
- **Le suivi du temps:** Le deuxième avantage du reporting est qu'il permet un gain du temps puisqu'il assure une vision générale sur la gestion du temps. Alors, la répartition du travail permet le respect des délais afin de pouvoir présenter les projets dans les conditions les plus favorables.
- **La vente:** Le reporting en tant que outil d'aide à la décision permet un pilotage de l'activité de l'entreprise. Alors, les tableaux de bord permettent une gestion du projet à travers la suggestion d'un ensemble d'indicateurs clairs et en temps réel. Aussi, les outils du reporting permettent de fournir un rapport d'activité à partir d'un ensemble de bases de données et d'informations ce qui permet une gestion de vente afin de pouvoir assurer une réadaptation d'un ensemble de stratégies. A vrai dire, le reporting doit être accessible à l'ensemble des collaborateurs afin de pouvoir démocratiser l'accès à l'ensemble des informations relatives au projet.

2-3 Visionneuse 2D/3D

Afin de pouvoir avoir une idée claire et concise sur le produit en cours de réalisation, la visionneuse 3D permet l'intégration des modèles CAO à travers le traitement, la simulation, la mesure et la visualisation du projet sous divers angles et aspects. Aussi, l'utilisateur peut utiliser des options d'assemblage à travers l'affichage des plans de coupe.

2-4 Gestion des données

Définition

La gestion électronique des données identifie un processus de gestion dans une organisation. Ce genre d'outils permet une possession, une indexation, un tri et une conservation de l'ensemble des informations afin de pouvoir assurer une réutilisation efficace.

Autrement dit, la gestion électronique des données devient une nécessité primordiale puisque la dématérialisation des procédures ainsi que la pénétration des outils informatiques mènent les entreprises, les collectivités... à produire et gérer des documents électroniques avec une quantité de plus en plus croissante. Alors, ce processus permet une réutilisation du format papier sous un format numérique afin d'assurer une facilitation du travail quotidien, une uniformisation des procédures, une gestion concentrée des informations, une favorisation

de la notion de collaboration au sein de l'entreprise et une démocratisation de l'information pour l'ensemble des collaborateurs cela concerne surtout les archives et les documents à utilisation journalière. D'autre part, il est clair que le monde de travail ne cesse d'évoluer de jour en jour. Pour cela, l'entreprise doit prendre certaines mesures permettant de poursuivre ces évolutions par exemple des nouvelles versions doivent être disponibles sur mobile afin de garantir le travail à distance lors du confinement contre le Covid 19.

Fonctionnement

La gestion électronique des données inclut plusieurs étapes:

- **La numérisation des documents**: C'est une opération qui permet la transformation d'un document papier en un document numérique avec un usage d'un ensemble de logiciels de reconnaissance de texte.
- **Le traitement**: Pour pouvoir simplifier l'utilisation des documents cette étape s'intervient pour pouvoir représenter le document ainsi que son contenu.
- **Le stockage des données**: Afin de pouvoir assurer une conservation des documents, le stockage doit garantir une rapidité dans le temps d'accès tout en prenant en considération le volume des documents.
- **Les fonctionnalités de diffusion:** Afin de pouvoir mettre sur terrain un cadre bien ajusté pouvant répondre à l'ensemble des contraintes relatives aux documents à savoir les droits d'accès aux informations et les critères de classification des documents.
- **L'archivage**: Cela concerne le maintien de l'ensemble des documents à usage non journalier à savoir leur classification.

Nous pouvons dire qu'il s'agit d'une option ayant les mêmes fonctionnalités qu'une gestion documentaire, elle assure une gestion des données techniques et la nomenclature du produit, parmi les fonctionnalités de cet outil nous pouvons citer:

- **La gestion des versions**: Afin d'assurer une traçabilité de l'ensemble des modifications relatives à un document bien précis il est essentiel de garder et stocker l'ensemble des versions du même document.
- **Edition en ligne (check in/ check out):** Un document verrouillé ne pourra donner lieu à aucun accès par un autre utilisateur sans la réintégration de l'utilisateur initial.
- **Workflow documentaire**: Pour un document bien précis il est possible de lui associer certaines fonctionnalités à savoir (lecture, modification, validation, etc).
    - ❖ Intégration CAO: Ce phénomène pourra être défini comme étant l'aptitude d'un logiciel ou d'une solution PLM à pouvoir échanger des données avec une conversion d'un modèle réalisé dans un format CAO à un format neutre. Pour cela, plusieurs standards se retrouvent avec la possibilité de présenter des erreurs de perte lors du transfert.
    - ❖ Intégration ERP: l'ERP pourra présenter une source puisque la majorité des solutions PLM autorisent l'import et l'export des données dans et envers l'ERP.

2-5 La conception assistée par ordinateur

La CAO pourra être vue comme étant un processus suivant des itérations bien précises à travers lequel un objet est planifié, transformé afin d'accomplir certaines taches tout en respectant certaines contraintes.

Pendant cette démarche plusieurs étapes peuvent être identifiées.

- La création du modèle objet.
- L'analyse, l'essai et la simulation.
- Le prototypage.
- Les modifications apportées.
- La réalisation de l'objet.

Donc, la CAO se définit comme étant une multitude de programmes et techniques de modélisation assurant la conception des modèles et des produits.

Ce genre d'outil pourra assurer des fonctions accordant des tests virtuels sur les produits avant de les fabriquer. Ces systèmes peuvent être incorporés avec d'autres outils à savoir: CFAO, GPAO, etc. Pour cela, nous parlons de XAO.

Cette intégration a vu le jour grâce à l'existence d'un certain nombre de standards tels que STEP et IGES. A vrai dire, la CAO permet de créer un environnement favorable aux entreprises leur assurant une simplification de leurs activités et taches.

2-6 Gestion de la maquette numérique:

Une maquette numérique représente une multitude de fonctionnalités assurant, pour un ensemble de métiers, une collaboration entre l'ensemble des acteurs afin de pouvoir travailler sur un projet. Alors, le périmètre de la maquette numérique pourra être représenté dans le schéma suivant:

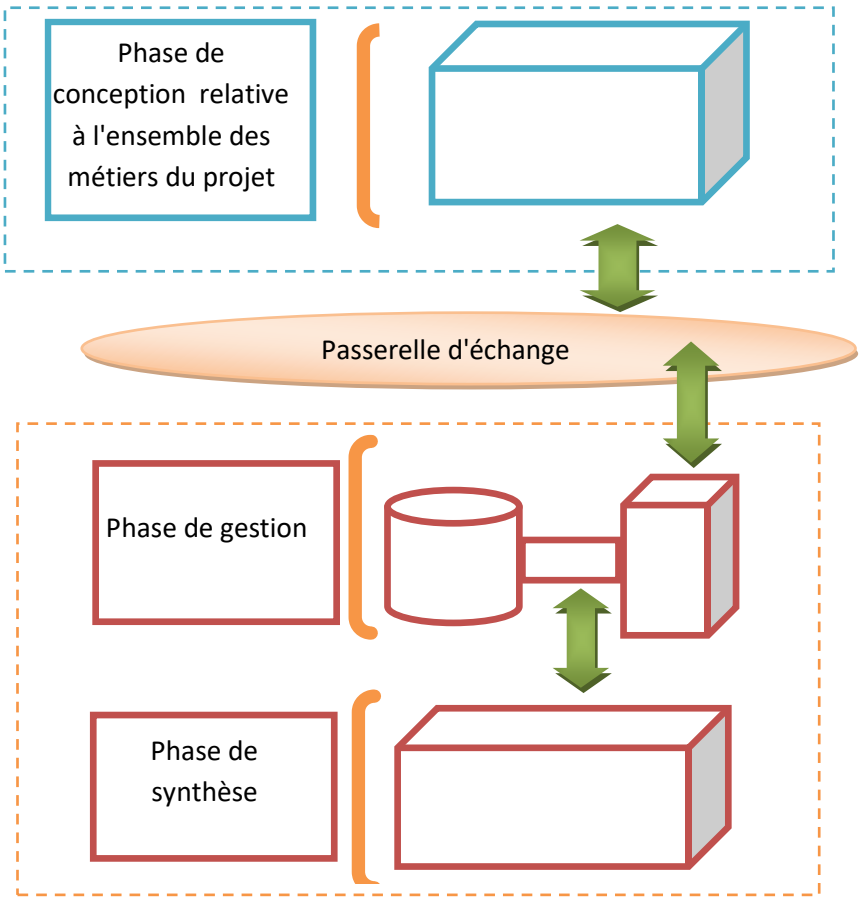


Figure 12: Schéma simplifié d'architecture des fonctionnalités de la maquette numérique

Il existe plusieurs fonctionnalités métiers à savoir la modélisation du projet avec sa définition géométrique. Cela permet d'assurer une union de l'ensemble des objets afin d'aboutir à la construction de la maquette numérique. Aussi, cela assure une production d'un ensemble de plans de définition.

En plus de cela, les fonctionnalités métiers permettent l'élaboration des calculs montrant un aperçu sur l'ensemble des dimensions techniques en général. Aussi, la simulation métier relative à la conception ainsi que la visualisation permettent l'affichage des résultats. D'autant plus, la maquette numérique permet d'assurer une gestion des informations à travers la production des informations nécessaires aux différents acteurs du projet. Aussi, elle synthétise l'ensemble des données à travers l'offre d'une vision complète du projet tout en assurant un contrôle de sa cohérence.

2-7 La gestion de configuration

Définition

La gestion de configuration englobe un ensemble de domaines d'activités administratives qui permettent l'enregistrement et la mise à jour d'une façon plus décortiquée de l'ensemble des données représentant le logiciel et le matériel d'une entreprise ce qui permettra de suivre l'évolution des systèmes, d'instaurer des modifications et de les diriger tout au long du cycle de vie du produit.

La gestion de configuration est utilisée pour la gestion des systèmes complexes dans plusieurs domaines à savoir l'informatique, l'aéronautique, l'automobile, l'armement, etc.

Objectifs de la gestion de configuration

Afin que l'ensemble des critères se rapportant aux délais et aux couts soient satisfaits, l'ensemble des acteurs de l'entreprise à savoir les fournisseurs et les clients doivent assurer une mise en place d'un système de configuration répondant aux objectifs suivants:

Essayer de mettre à disposition de l'utilisateur le descriptif technique du produit ainsi que l'ensemble de ses composantes à travers la présence des données issues de certains documents relatifs aux étapes du projet ce qui permettra de connaitre davantage la conception afin de pouvoir retrouver l'ensemble des données nécessaires permettant la mise en place du produit attendu.

Essayer de vérifier à tout instant la compatibilité et la cohérence entre le produit et la documentation lui est associée tout au long du projet.

Assurer une restriction des risques techniques ce qui permettra d'anticiper les impacts sur les couts et les délais et cela se fait à travers une gestion efficace de l'ensemble des évolutions de la description technique.

Donc, la gestion de configuration assure un contrôle de développement des réalisations afin de pouvoir échapper à l'ensemble des problèmes et inexactitudes relatives au produit, c'est plutôt une fonction qui permet un suivi des réalisations tout au long du cycle de vie du produit.

Une procédure de gestion de configuration typique est illustrée ci-dessous :

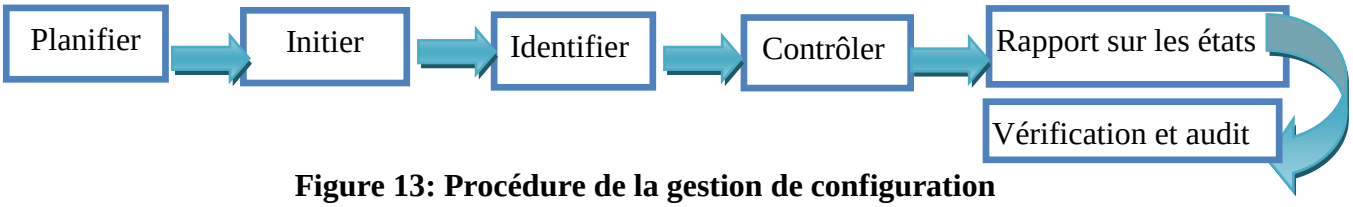


Figure 13: Procédure de la gestion de configuration

A vrai dire, le PLM a une multitude de fonctionnalités qui doivent être étudiées avec précaution comme il a été présenté dans le paragraphe précédent. Mais, avant d'instaurer une démarche PLM au sein d'une entreprise quelle que soit sa taille, nous devons avoir une idée approfondie sur la notion d'interopérabilité qui consiste en un échange d'information entre deux systèmes.

3- L'interopérabilité des systèmes d'information

3-1 Vue globale sur l'interopérabilité

Définition

L'interopérabilité pourra être définie comme étant:

" La capacité de deux ou plusieurs systèmes ou composants à échanger des informations et à utiliser les informations échangées" [30].

D'après IEEE 2000 "L'interopérabilité est la capacité approuvée mais non nécessairement garantie par la conformité à un ensemble de standards, d'équipement hétérogènes, généralement développés par différents fabricants, de travailler ensemble en réseau"[31].

Cependant, H. Panetto affirme que: "L'interopérabilité des applications d'entreprise est définie comme la capacité pour un système d'échanger de l'information et des services dans un environnement technologique et organisationnel hétérogène" [31].

3-2 Les niveaux d'interopérabilité:

- **Niveau technique**: Il s'agit d'un ensemble de méthodes assurant un échange d'information convenable suite à l'utilisation d'un ensemble de technologies afin de pouvoir communiquer, échanger et stocker les données suite à l'usage du matériel informatique. Le niveau technique est une condition nécessaire mais non suffisante pour établir une communication efficace.
- **Niveau sémantique**: Il s'agit d'un niveau d'échange permettant une compréhension de l'ensemble des informations échangées par les deux systèmes ce qui permettra à chacun d'entre eux d'interpréter le message reçu de l'autre système afin d'organiser et traiter l'information reçue tout en gardant son sens.
- **Interopérabilité organisationnelle**: Il s'agit d'une organisation appropriée de la structure permettant d'assurer un échange de l'information entre les différentes applications. Ce genre d'interopérabilité est très utile dans le cadre de l'administration électronique.

Il est primordial de prendre en charge les trois niveaux d'interopérabilité afin de garantir une communication efficace entre les systèmes d'information.

3-3 Problèmes d'interopérabilité

Comme il a été cité précédemment, le PLM englobe un ensemble de systèmes permettant la gestion des phases du cycle de vie du produit, cela couvre la phase de la conception et de la production.

Le volet applicatif du PLM se présente comme suit:

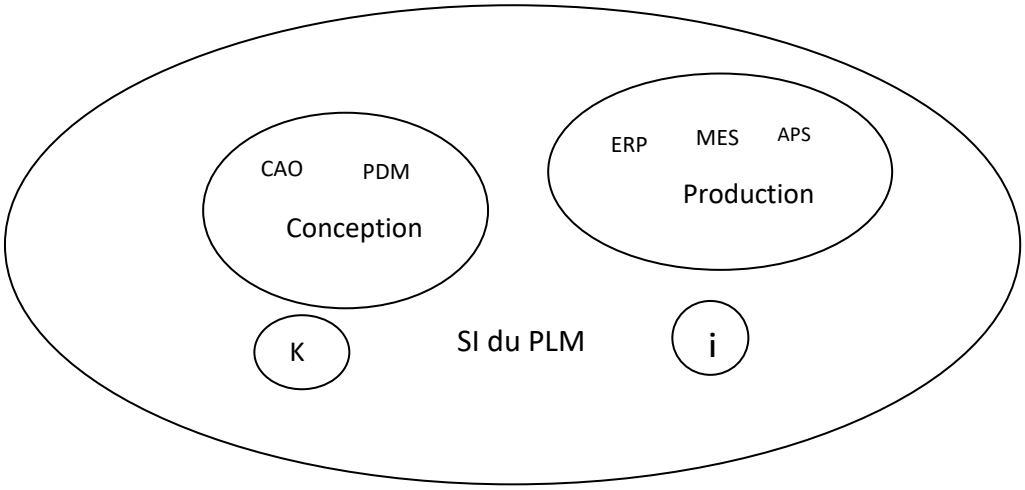


Figure 14: Volet applicatif du système d'information PLM

Chaque bulle représente des applications qui constituent un système d'information lors d'une phase du cycle de vie du produit.

A l'intérieur de chaque bulle (conception, production, etc) nous retrouvons un certain nombre d'applications garantissant le fonctionnement de la tâche.

Alors, le système d'information PLM est un système à dimension multi échelle.

Il est essentiel de rappeler l'existence de problèmes intra phases:

Par exemple, lors de la phase de la conception, des études ont permis la distinction des problèmes existants entre CAx/PDM et ont remédié à cette problématique à travers l'implémentation d'une plateforme basée sur le modèle de produit défini par le protocole d'application de la norme STEP.

D'autre études s'intéressent à l'interopérabilité entre ERP/ MES et entre MES/CRP à travers des méthodes d'ingénierie dirigées par les modèles à savoir le modèle de produit intelligent.

Les problèmes inter phases: Il s'agit d'un ensemble de problèmes qui peuvent exister entre l'ensemble des phases du système d'information du PLM.

Pour remédier à ces problèmes, plusieurs études se sont concentrées sur le traitement d'un ensemble de règles de transformation et d'algorithmes permettant le transfert des nomenclatures d'un système vers l'autre.

D'autres études se sont intéressées plutôt à la construction d'un environnement visant l'intégration entre ERP et un système PDM/PLM. Alors, cet échange d'information entre les systèmes se base essentiellement sur le transfert des fichiers sous format XML.

A vrai dire, au sein d'une entreprise quelle que soit sa taille à savoir les PME, l'instauration du PLM et son extension au-delà des frontières de l'entreprise pose de réels problèmes d'interopérabilité et de capacité des matériels et des logiciels à fonctionner ensemble à travers des réseaux de communication. Du coup, le problème d'interopérabilité dans une PME/PMI se pose avec acuité puisqu'il est nécessaire d'intégrer les applications intra et inter entreprise dans le cadre d'une démarche PLM. De ce fait, dans une PME/PMI le PLM doit s'intégrer à l'ERP et le SCM pour le transfert de la nomenclature de production et il doit s'intégrer aussi avec le configurateur commercial voire avec le CRM afin de permettre au client de choisir la configuration du produit la plus appropriée à son besoin.

IV- le PLM dans l'industrie

Il est clair que le PLM joue un rôle important dans le domaine de l'industrie. Aussi, il est en concordance avec l'analyse du cycle de vie du produit, d'où la nécessité d'étudier cette dernière.

1- Bref aperçu sur l'analyse du cycle de vie du produit

La plupart des entreprises cherchent à développer des produits tout en améliorant leur efficacité et leur efficience. D'autant plus, la réduction des couts demeure un des avantages que le PLM présente et cela peut se faire à travers la réutilisation des produits déjà fabriqués.

Alors, le développement d'un produit industriel nécessite plusieurs étapes inéluctables qui sont l'étude, la recherche, la conception, le marketing, l'industrialisation, la fabrication, la maintenance et le recyclage. Pour cela, l'analyse du cycle de vie d'un produit demeure essentielle pour que l'entreprise puisse avoir une vision générale sur le produit qu'elle veut lancer sur le marché.

Le cycle de vie d'un produit regroupe l'ensemble des étapes par lesquelles passe un produit depuis sa naissance jusqu'à son démantèlement. Ce cycle comprend quatre étapes qui sont: La phase d'introduction, la phase de croissance, la phase de maturité et la phase de déclin.

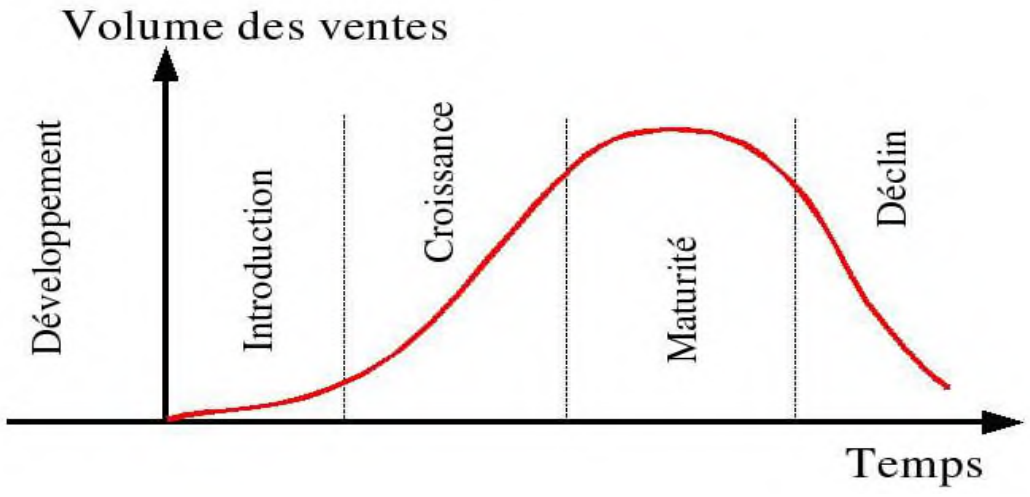


Figure 15: Phases du cycle de vie d'un produit

- **La phase d'introduction**: L'entreprise cherche à donner un coup de pousse à son produit pour le mettre sur le marché et le présenter à la clientèle. Alors, les couts relatifs à cette phase demeurent élevés par rapport aux gains réalisés puisque l'entreprise dépense beaucoup pour sensibiliser la clientèle du produit et pour assurer une meilleure distribution de son produit.
- **La phase de croissance**: Dans cette étape le produit devient avantageux puisqu'il offre des profits non négligeables. D'autant plus, il faut donner un coup de main au produit pour qu'il puisse perdurer sur le marché le plus longtemps possible. Et cela ne pourra se faire sans la promotion de la qualité de ce dernier. Aussi, il faut jouer sur la distribution du produit et sur sa publicité afin de développer sa marque sur le marché.
- **La phase de maturité**: Dans la plupart des cas, cette phase perdure plus longtemps puisque les ventes augmentent moins vite que les autres phases. D'autant plus, il faut chercher un point concurrentiel permettant au produit de se distinguer sur le marché tout en essayant de conserver ou bien même d'améliorer la marge du bénéfice de l'entreprise.
- **La phase de déclin**: Dans cette phase les décisions et les habitudes des clients se changent et pour rester sur le marché il faut opter pour l'amélioration et la modernisation du produit sinon l'entreprise pourra retirer son produit sur le marché.

Il est à noter que la gestion du cycle de vie d'un produit demeure en forte liaison avec le PLM puisque ce dernier facilite la gestion du cycle de vie du produit et plus spécifiquement dans le domaine industriel.

2- Le PLM dans l'industrie comment mener à bien son projet

Le besoin d'une solution PLM s'intervient dans une industrie pour pouvoir répondre aux attentes des clients. Chaque éditeur d'une solution PLM a une proposition de valeur propre à lui. Mais, en général le PLM vise à centraliser l'ensemble des informations industrielles tout en prenant en considération la dernière version d'une donnée ou d'une documentation. Aussi, le PLM doit tracer et diriger l'ensemble des réajustements introduits dans un document industriel tout en sécurisant les données et les informations à travers l'introduction des droits d'accès.

Alors, une solution PLM doit apporter des réponses aux problèmes industriels tout en jouant sur la production puisque cette dernière doit être efficace, rapide et ayant une meilleure qualité.

A vrai dire, le PLM consiste à regrouper sur une interface commune l'ensemble des données, informations et processus fondés à chaque étape du cycle de vie d'un produit (fichiers CAO, documentation, catalogue, planning, support client) en créant une liaison entre l'ensemble des données tout au long du cycle de vie du produit. D'autant plus, à travers le PLM les entreprises industrielles essayent de minimiser les risques de fabrication et d'améliorer les délais de conception tout en prenant en considération la nature et la complexité du produit. Aussi, elles cherchent à créer un milieu favorable permettant la

collaboration et l'échange entre les différentes entités de l'entreprise qui peuvent même avoir un aspect international.

3- Le marché du PLM

Selon CIMdata le marché du PLM comporte plusieurs industries et qui ont connu une croissance en 2021 et durant la période de prévision qui s'étale sur quatre ans selon la figure suivante:

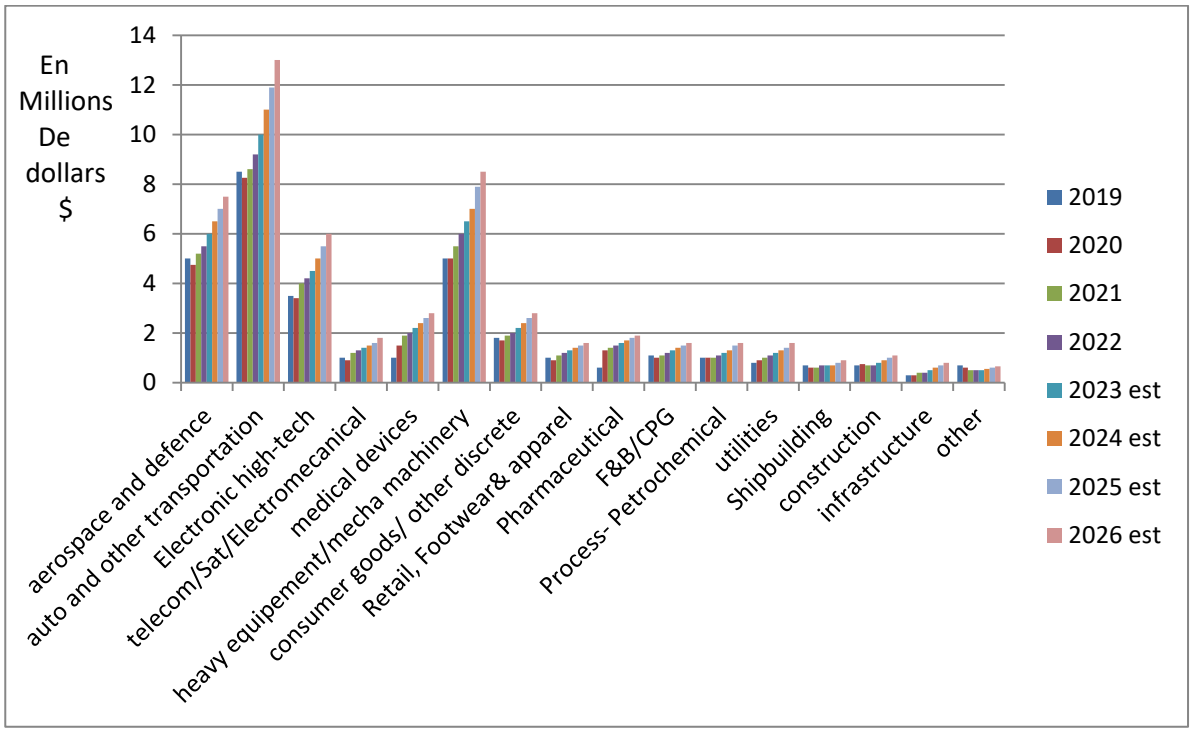


Figure 16: Répartition sectorielle du marché PLM selon CIMdata

Selon le rapport publié par CIMdata en aout 2022, les dépenses en matière du PLM sont toujours en croissance et plus précisément dans le secteur du transport et de l'automobile, de la défense et de l'aérospatial, de l'électronique et des télécommunications ainsi que dans le secteur de la mécanique et de l'assemblage. L'utilisation du PLM donne de bons résultats suite à son introduction dans le domaine de l'agroalimentaire puisqu'il garantit la sécurité sanitaire des aliments et plus précisément dans les économies émergentes.

CIMdata considère que l'ensemble des secteurs favorisent l'introduction du PLM puisque l'ensemble des entreprises donnent plus d'importance à ce genre de solutions ainsi qu'à son impact sur les résultats de l'entreprise. D'autant plus, il est à noter que l'ensemble des fournisseurs essayent d'étendre leurs efforts afin d'introduire sur le marché du PLM des solutions opérationnelles se concentrant sur l'industrie, plus faciles à utiliser et moins couteuses à acquérir.

4- PLM et aéronautique: les tendances lourdes

Le domaine de l'aéronautique est un domaine très vaste et en perpétuelle évolution. Alors, les outils technologiques tels que le PLM ne restent pas juste des logiciels pour la conception, l'industrialisation et la fabrication des avions mais plutôt un levier permettant l'introduction de plusieurs nouveautés dans le domaine [12].



Figure 17: Exemple d'un produit issu de domaine de l'aéronautique

Le tableau de bord de la commission européenne sur les investissements en recherche et développement (R&D) industriels concernant le secteur de l'aéronautique et de la défense représente le classement des entreprises concernant l'investissement dans l'innovation (Annexe 1: Tableau1).

A travers une première lecture de ces tableaux, nous remarquons que l'ensemble des entreprises dans le secteur de la défense et de l'aéronautique investissent des montants considérables en matière de recherche et développement. D'autant plus, ces montants évoluent d'année en année ce qui leur permet de réaliser des ventes importantes.

A vrai dire, l'aéronautique est plutôt un secteur caractérisé par une forte concurrence. Aussi, il est soumis à plusieurs limitations relatives au domaine législatif, économique, écologique, sécuritaire, etc.

Cependant, la technologie doit jouer son rôle puisqu'il faut toujours développer des produits de haute qualité et plus moderne que ceux qui les précédent et ceci doit se faire dans une durée plus réduite. Ce paradigme a poussé l'ingénierie vers la focalisation sur la conception de l'architecture globale des programmes aéronautiques ainsi que sur le service après-vente.

Les institutions du secteur de la défense font face à plusieurs défis tels que les couts d'investissements qui ne cessent de s'accroitre en période de fluctuation du budget, à cela s'ajoute les stricts règlements contractuels. Pour cela, il s'est avéré indispensable d'introduire un environnement numérique intégré regroupant un ensemble de programmes d'armement ainsi que plusieurs méthodologies relatives à la gestion de la chaine d'approvisionnement aux initiatives de qualité.

Alors, les experts dans le domaine de l'aérospatiale et de la défense refondent l'ensemble de systèmes traditionnels utilisés pour créer, commercialiser, et faire évoluer les produits existants sur le marché.

Alors, le PLM permet une amélioration de la productivité et de la performance et plus précisément dans le domaine de l'aéronautique puisqu'il joue un rôle primordial dans la promotion de la collaboration entre les équipes au niveau mondial. Aussi, il essaye de perfectionner les performances tout en introduisant un supply chain basé sur des

méthodologies plus avancées dans le domaine du digital. D'autant plus, ce genre de solutions joue sur la prise de décision puisqu'il instaure une conception pragmatique basée sur la notion des rôles. De plus, le domaine de la défense et de l'aéronautique se caractérise par l'usage des informations à caractère confidentiel. Alors, le PLM permet de garantir cette confidentialité puisqu'il utilise des processus et des produits hautement sécurisés ce qui permet de réduire le risque d'espionnage [32] [33] [34] [35] [36].

5- Le PLM et le domaine pharmaceutique

Le secteur pharmaceutique est l'un des secteurs dévoilant une forte concurrence. Pour cela, il est nécessaire de lancer sur le marché un produit avec une qualité meilleure et dans des délais convenables.



Figure 18: Exemple d'un produit issu du secteur pharmaceutique

Aussi, le secteur doit reposer sur des stratégies basées sur l'innovation d'où la nécessité d'investir dans le domaine de la recherche et du développement tout en instaurant des outils susceptibles de gérer le produit tout au long du son cycle de vie [37], ci-joint nous retrouvons le tableau de l'union européenne sur les investissements en R&D industrielle dans le domaine pharmaceutique (Annexe 1: Tableau 2).

Le domaine de l'industrie pharmaceutique est un domaine qui a connu des changements considérables ce qui favorise l'investissement en matière de recherche et de développement. D'après l'annexe 1: tableau 2, nous constatons que les entreprises dans ce domaine réalisent des ventes importantes et cela est dû aux montants importants investis en R&D qui connaissent une évolution remarquable d'année en année ainsi qu'au nombre significatif des employés dans le secteur.

Avec la rénovation approfondie, les variations dynamiques, la rivalité épouvantable et un secteur de soin toujours en évolution permanente, l'utilisation des logiciels PLM s'avère indispensable afin de pouvoir appuyer les processus de développement des produits tout en faisant référence à des processus disciplinés afin d'atteindre une concurrence différentielle et un gain rentable.

Alors, le PLM propose une approche holistique pour rassembler, faire avancer et diriger l'ensemble des données et processus relatifs au produit y compris la R&D, la qualité, la production, la commercialisation et le marketing.

Aussi, le PLM facilite la complexité des processus de fabrication et de développement des médicaments avec une gestion efficace des inventaires d'essai cliniques ce qui permettra de développer une stratégie innovante pour la gestion de l'entreprise pharmaceutique.

D’autant plus, le PLM est en forte liaison avec le secteur pharmaceutique puisque ce dernier est caractérisé par une concurrence robuste et cela est dû à l’apparition des produits génériques ce qui mènera les grands groupes à évaluer et à remettre en question leurs processus de développement car il faut mettre toujours à l’esprit qu’un produit médical a une structure compliquée soit par rapport à la forme du produit ou bien par rapport au processus de transformation. D’où la nécessité d’adopter une approche plus raffinée de la gestion du cycle de vie du produit afin de pouvoir améliorer leur rentabilité.

En plus de cela, le PLM doit concorder avec les outils de la conception moléculaire pouvant produire un statut numérique relatif au domaine médical et plus précisément au secteur moléculaire.

Alors, nous pouvons dire que le PLM participe à l’innovation collaborative dans le secteur pharmaceutique puisqu’il offre des fonctionnalités relatives à la gestion des projets et du portefeuille, il veille à l’obéissance de l’ensemble des exigences réglementaires, il collabore avec les centres de recherche et assure l’introduction des logiciels de CAO permettant une simplification de la conception des molécules [38] [39] [40].

6- PLM dans le secteur automobile / transport

La gestion du cycle de vie est l'une des clés de la réussite du secteur automobile puisque cette dernière permet une production rentable tout en utilisant des processus innovants. Alors, le secteur est conçu comme étant l'un des principaux sous-traitants en matière de conception et de fabrication dans le monde entier. Donc, pour avoir un produit de bonne qualité et dans les meilleurs délais il faut que les entreprises pionnières dans le secteur puissent investir dans le domaine de la recherche et du développement.



Figure 19: Exemple d'un produit issu du secteur automobile

L'industrie automobile est caractérisée par une forte pénétration du domaine de la recherche et du développement (voir Annexe 1: Tableau 3). D'autant plus, il est à constater que la plupart des entreprises dans le domaine investissent chaque année d'une manière plus approfondie en R&D puisque le secteur connait une forte concurrence. Aussi, il est à remarquer que le pourcentage des ventes connait une hausse de 2018 à 2019 suite à l'ensemble des méthodologies innovantes introduites dans le secteur.

La rentabilité d’un produit et l’efficacité des processus nécessite une gestion appropriée du cycle de vie du véhicule, de plus l’entreprise doit avancer des idées et des décisions sophistiquées et bien définies lors du cycle de vie du produit.

Alors, le PLM permet de donner une vision plus claire et plus concise aux fournisseurs et aux constructeurs automobile afin de pouvoir développer des processus innovants permettant une gestion cohérente des données tout au long du cycle de vie du produit depuis la naissance du besoin jusqu'au démantèlement du produit. Alors, l'ingénierie numérique permet de développer, fabriquer et rénover en collaboration avec des équipes afin de développer des produits commercialisés dans le monde entier [41] [42] [43].

La gestion de la configuration un levier essentiel dans l'industrie automobile

La gestion de la configuration demeure une clé primordiale dans l'innovation relative au domaine de l'industrie automobile puisqu'il s'agit d'une mise en place d'un ensemble de concepts basés sur des outils numériques et adaptés au monde de l'industrie.

Alors, nous retenons quatre concepts à savoir:

- **L'identification**: Permettant de produire une idée sur la structure du produit et de ses composants.
- **L'enregistrement des états de configuration**: A une certaine phase donnée, cette étape permet un figeage d'une structure produit.
- **La gestion du changement**: Cette étape permet de donner une description de l'ensemble des états d'évolutions de la structure du produit.
- **Suivi de la conformité**: Permettant de décrire l'implémentation des exigences produit et systèmes.

7- PLM et l'intelligence artificielle

Malgré la complexité de la technologie, le PLM reste une solution permettant d'apporter une réponse informationnelle aux problèmes liés à la technologie. Alors, l'intelligence artificielle est un impératif permettant de réaliser des progrès dans l'industrie.



Figure 20: Exemple d'un produit réalisé par l'intervention de l'intelligence artificielle

Grâce à l'intelligence artificielle, la performance du PLM est en mesure de s'améliorer car cette technologie introduit des interfaces hommes machines ce qui permettra l'optimisation des performances grâce à la proposition et à l'anticipation des tâches à accomplir par les opérateurs tout au long du cycle de vie du produit. Alors, l'intelligence artificielle suggère des nouvelles fonctionnalités pour l'amélioration de la performance industrielle à travers l'introduction des actions de réduction de couts basées sur des algorithmes de machine-learning [44] [45] [46].

Tout type d'industrie pourra exploiter l'intelligence artificielle dans les systèmes de conception assistée par ordinateur, dans la simulation et dans la robotique de production. Alors, plusieurs sociétés ont introduit l'intelligence artificielle dans le domaine de conception telles que « AUTODESK » qui a intégré des fonctionnalités de deep-learning génératif pour proposer diverses formes dans la conception d'objets tout en respectant un cahier de charges.

8- L'internet des objets et le PLM

L'internet des objets pourra s'intervenir dans un ensemble de domaines tels que présentés dans la figure suivante.

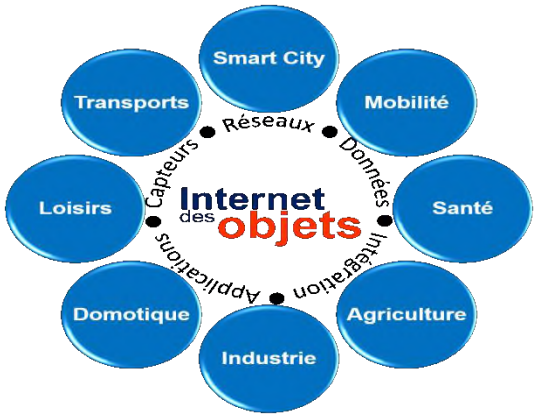


Figure 21: Exemple de domaines ou l'internet des objets pourra s'intervenir

A vrai dire, Tout projet relatif au domaine de l'ingénierie, au BTP ou tout autre domaine peut donner naissance à un courant infini de divers documents composés de cahiers de charges, plans, fichiers CAO, nomenclatures des produits, etc.

Alors, l'ensemble de ces documents constituent des supports de partage d'informations. D'autant plus, la quantité des données est toujours en perpétuelle croissance. Cela est causé par l'évolution croissante du nombre d'objets connectés ainsi qu'à la transmission et l'échange de données entre l'ensemble de ces objets: C'est ce qu'on appelle l'internet des objets qui pourra être défini comme un réseau permettant la transmission des données entre des objets physiques et des objets virtuels. Aussi, il permet aux objets d'interagir de manière autonome. Grâce à l'internet des objets et aux technologies machines à machines dans l'industrie nous parlons d'une conception des produits et des ressources auto-contrôlables pouvant offrir en temps réel une panoplie d'informations tout au long de leur cycle de vie.

D'autant plus, l'internet des objets intervient pour perfectionner l'utilisation et la progression de l'ensemble des données liées aux spécificités des produits. Aussi, cette technologie assure l'obtention d'une vue générale sur les données tout en accordant une prise de décision plus efficace et plus rapide. En plus de cela, l'internet des objets permet la détection des risques de panne c'est ce qu'on appelle la maintenance prédictive.

L'optimisation de la gestion du cycle de vie accorde une création entre l'ensemble des entités d'une entreprise afin de simplifier le travail entre tous les acteurs du bureau d'étude au service après-vente. Alors, l'internet des objets s'intervient pour permettre aux entreprises de bénéficier d'une réduction des délais de mise sur le marché « time to market », réduction des couts, meilleur retour sur investissement, etc.

L'internet des objets est conçu comme une révolution sociale, puisque l'ensemble des employés du secteur industriel peuvent attribuer des missions pénibles et fastidieuses aux machines appelées intelligentes afin de pouvoir donner plus d'attention et de sollicitude à des taches ayant une valeur ajoutée robuste. Par exemple, il y'a quelques entreprises industrielles à l'USA qui ont mis à la disposition de leurs employés des puces électroniques pouvant s'insérer sous l'épiderme de la main ce qui favorisera la vie au sein de l'entreprise. Aussi, les données récoltées à travers ces puces peuvent être utilisées comme une base de données pour pouvoir par exemple obtenir un suivi de la situation des employés tout au long de leur cycle de vie dans l'entreprise.

Alors, nous pouvons dire que l'optimisation de la gestion des données demeure une nécessité pour chaque entreprise et que la collaboration entre le PLM et l'internet des objets assure une gestion des données efficace et parfaite [47] [48] [49].

V- Le PLM dans les petites structures

1- Expériences des petites structures de certains pays au niveau du PLM

Il est à remarquer que la gestion du cycle de vie s'est imposée dans les grandes entreprises d'un jour à l'autre. Mais, les petites et moyennes entreprises peuvent aussi bénéficier de ce genre de solutions tout en les adaptant suivant leurs spécificités.

Les PME n'ont pas des exigences réduites que les grandes entreprises mais plutôt les mêmes besoins avec des contraintes plus serrées ce qui pourra demander des applications faciles à utiliser et peu onéreuses.

En suisse: Le secteur de montre de luxe a utilisé une solution PLM de gestion des données. Elle a été mise en place en 2005 dans le cadre d'un projet partagé.

Tous les services, de la conception au marketing en passant par la qualité et la chaine d'approvisionnement, essayent de travailler sur une base de données commune et consistante ce qui garantit au personnel de visualiser et d'annoter des modèles numériques 3D. Cela va permettre aux concepteurs de gagner du temps car les données existantes dans la base peuvent se réutiliser directement pour développer des nouveaux produits.

En France: Un certain nombre d'entreprises qui travaillent dans le domaine du conseil et de suivi des projets, là où certaines équipes sont à l'écoute des entreprises pour mener à bien leurs projets, ont instauré une approche PLM tout en proposant à leurs clients une nouvelle méthode de fonctionnement se basant sur le travail collaboratif à travers un ensemble de solutions PLM. Pascal Maillard qui est un fondateur d'une société œuvrant dans ce domaine a affirmé: "Dans le développement de prototypes, notre structure constitue souvent le lien entre les donneurs d'ordres et les fournisseurs". De ce fait, le travail collaboratif va assurer un partage des données et un gain du temps en limitant les déplacements inutiles.

D'autres entreprises du secteur agroalimentaire ont choisi d'adopter une solution PLM tout en choisissant une stratégie permettant de renforcer leur pole R&D (Recherche et développement) en optimisant les processus de conception des nouveaux produits. Du coup, les entreprises dans ce secteur ont visé à travers cette intégration la réduction du temps de

réponse à une demande client ainsi que la garantie d'une meilleure continuité entre les innovations "produit" et leur mise en production par un partage et une démocratisation de l'information, une optimisation des processus ainsi qu'une communication structurée. Mais, lors de l'instauration de ce genre d'approches au sein de ce secteur le principal enjeu qui a été mis en place était la conservation de la culture de l'entreprise ainsi que la forme du management de certaines entreprises qui leur est propre.

En Amérique: Les secteurs de la mode, de la vente au détail, des chaussures et des produits de luxe ont préféré la mise en place d'une solution de gestion du cycle de vie de leurs produits (PLM) tout en visant l'amélioration du processus de développement produit, il s'agit d'une solution qui s'est annoncée comme un véritable tremplin vers la réduction des délais de commercialisation et un contrôle accru sur l'ensemble du cycle de vie de leurs produits. Il s'agit d'une solution opérationnelle permettant d'accompagner la mise en œuvre de la nouvelle stratégie numérique.

En Allemagne: Les entreprises spécialisées dans les éclairages des pistes d'aéroport ont lancé leurs projets PLM qui a duré 5 mois tout en réalisant un tri dans l'ensemble des données de l'ERP et reconstruire leurs propres nomenclatures. Aussi, l'ensemble des données techniques sont liées aux produits via PDM-Link. A remarquer que ce genre d'outils va assurer un gain sur le temps de conception des produits et une communication facile avec la maison mère. De même, cela leur a permis d'avoir régulièrement des rapports avec les services achats et après-vente cherchant à rationaliser les tâches qui leur sont assignées.

2- Le PLM au sein des PME/PMI au Maroc

Il est à remarquer que les PME/PMI nécessitent plusieurs actions en vue de leur amélioration parmi ces actions nous pouvons citer l'instauration d'un ensemble d'outils technologiques pouvant faciliter les tâches des personnes œuvrant dans le secteur afin de leur assurer une structuration efficace parmi ces outils nous citons le PLM. Mais, avant son introduction nous devons reconnaitre l'ensemble des problèmes liés aux PME/PMI.

2-1- Les problèmes liés au PME

Les PME/PMI marocaines confrontent plusieurs problèmes qui bloquent leur avancement parmi ces derniers nous pouvons parler de:

2-1-1 Problèmes liés à l'environnement

Suite à l'environnement des PME, ces dernières peuvent retrouver plusieurs problèmes lors du démarrage à savoir des problèmes financiers, techniques, administratifs, commerciaux, humains et juridiques.

- **Problèmes juridiques et administratifs**

Nous signalons que l'administration peut jouer un rôle dans ce genre de problèmes et cela pourra être dû à certaines complications qui peuvent avoir des répercussions nécessitant de fortes dépenses à savoir les services administratifs chargés de formalités de création d'entreprises, les banques, les chambres de commerce et d'industrie, les provinces, etc.

Généralement, ce sont les jeunes promoteurs qui affrontent ce genre de problèmes lors du démarrage de leur projet et qui peuvent s'aggraver tout au long de cette période.

- **Les problèmes financiers**

Généralement, les petites et moyennes entreprises rencontrent des problèmes financiers et cela est dû aux montants des prêts jugés insuffisants ainsi qu'aux garanties liées à ces derniers. Ce qui pourra représenter un frein à l'avancement et au développement de l'entreprenariat au Maroc.

- **Les problèmes commerciaux**

Les entrepreneurs dans la plupart des cas font face à certains problèmes commerciaux lors du démarrage de leur projet et plus précisément la concurrence créée par les produits chinois et turcs et surtout lorsque les fondateurs des entreprises ne font pas une étude au préalable du marché avant l'implantation. D'où la nécessité de faire une exploration des besoins des clients ainsi qu'une estimation du marché puisque généralement l'entreprise lance un produit qui n'est pas forcément nouveau.

2-1-2- Les problèmes humains et sociaux

Ce genre de problèmes se rapporte aux rendements faibles et à l'intégration du personnel dans les travaux de l'entreprise, à l'absentéisme ainsi qu'aux qualifications du personnel.

En plus de cela, on voit que certaines entreprises de grande taille payent un salaire qui peut même atteindre le double par rapport à celui payé dans une PME et pour la même tache ce qui décourage le personnel et le mène vers le choix le plus avantageux.

Les petites et moyennes entreprises peuvent faire face à certains problèmes à savoir :

- Le critère managérial et comportemental des entrepreneurs: Cela pourra causer un blocage au niveau de la gouvernance de l'entreprise puisque les PME marocaines ont une structure familiale.
- Problèmes d'organisation d'entreprise.
- Problèmes de gestion des ressources humaines.
- Problèmes de gestion de liquidité.
- Manque de stratégie.
- Problèmes de gestion financière et de contrôle budgétaire.
- Insuffisance de technologie de l'information.

2-2- Industrie artisanale, cas particulier des PME: Problèmes et actions d'amélioration

2-2-1- bref aperçu sur l'industrie artisanale au Maroc

Le secteur de l'artisanat marocain reste le deuxième secteur promoteur d'emplois après l'agriculture. Ses métiers projettent la richesse patrimoniale du pays à savoir: La tradition, les coutumes et l'héritage culturel influencés par l'ensemble des échanges. Pour cela, plus d'une centaine de métiers en liaison double avec l'ensemble des échanges ainsi qu'avec l'économie marocaine ont vu le jour à titre d'exemple: la poterie, le cuir, la tapisserie, le bois, le textile, les bijoux, les métaux, la broderie, le zellige, la dinanderie, etc. Et qui se sont unis sous formes d'entreprises, coopératives, et mono-artisans afin de pouvoir donner une image de marque au pays dans une multitude d'événements à caractère national et international, parmi les métiers de l'artisanat nous pouvons citer:

Le bois: Le bois est conçu comme un matériel ayant une histoire qui remonte à des époques lointaines à savoir l'époque des Idrissides. En effet, le bois est employé pour bâtir des

mosquées, des arcades, des monuments et des édifices, les artisans donnent une touche originale à l'ensemble des pièces qu'ils sculptent tout en utilisant des motifs traditionnels avec une valorisation de la beauté attrayante de la matière première. Il s'agit d'un art contemporain qui incorpore un travail nécessitant une exactitude minutieuse et une patience imbattable. Le travail du bois est devenu présent au Maroc grâce à l'existence d'une multitude de catégories d'arbres tels que le cèdre, le pin, le hêtre et l'olivier. Ce qui permettra à l'artisan de sculpter une diversité d'éléments de boiserie qui ornent d'une manière expressive un ensemble de monuments qui ont glorifié plusieurs villes marocaines.

La poterie: Il s'agit d'un art artisanal ayant une histoire remontant à plusieurs siècles passés et intégrant d'une part le patrimoine culturel berbère et d'autre part, l'effet de la culture hispano-mauresque. Cet art repose sur plusieurs méthodes permettant de donner à l'ensemble des pièces sculptées une garniture captivante qui favorise l'utilisation de l'argile en tant que matière première. Nous retrouvons trois types de poterie: la poterie citadine, la poterie rurale du nord et la poterie rurale du sud. Concernant les principaux pôles de production nous distinguons les villes de Fès, Salé et Safi.

Tapisserie: Il s'agit d'un métier qui engage avec lui une tradition berbère remontant à des coutumes ancestrales. Autrefois utilisé comme étant un abri contre le froid et la glace, cet art s'est développé de telle sorte à avoir un caractère à dimension internationale. Deux types de tapis peuvent être identifiés à savoir les tapis citadins de Rabat et de Mediouna et les tapis ruraux de l'Atlas, Haouz et Marrakech. Suite à l'ensemble des chefs-d'œuvre élaborés par une panoplie d'artisans de différentes origines et relatifs à plusieurs populations, nous retrouvons que chaque création représente un tableau qui englobe des caractéristiques émanant d'une tradition millénaire avec des motifs bien expressifs.

Textile: Il s'agit d'une activité qui date au Maroc depuis des décennies. Ce métier est le joyau de l'artisanat puisqu'il peut se retrouver sous différentes formes depuis celles qui ornent le corps jusqu'à l'ensemble des décorations les plus distinguées. L'ensemble des garnitures marocaines relatives à ce métier restent épatantes et élégantes. D'autant plus, ce tableau décoré par une variété de couleurs, de textures et de motifs représente une touche originale unique en son genre. Il est à signaler que les caftans traditionnels restent des véritables chefs-d'œuvre pouvant valoriser la main des vrais artisans dans l'ensemble du territoire.

Bijoux et métaux: Les bijoux représentent une adjonction primordiale à la tenue des fêtes, nous pouvons distinguer des bijoux citadins produits en or et des bijoux généralement fabriqués à la base de l'argent. Aussi, la plupart de ce genre de bijouterie se retrouve dans le sud à savoir: Agadir, Tiznit, Essaouira et Laayoune où l'utilisation du métal est très répandue. D'autant plus, la dinanderie et la ferronnerie sont présentes dans l'ensemble des villes et plus précisément à Fès où l'architecture des grands édifices repose sur ce genre d'activité.

Zellige: L'activité du zellige constitue une composante élémentaire de l'artisanat marocain. Ce genre de métier s'est habitué à l'ensemble des décorations de l'art contemporain permettant de retrouver des réponses à l'ensemble des gouts de chaque personne. Alors, le zellige marocain retrouve sa diversité dans les différentes mosaïques et garnitures des villas, des hôtels et des riads qui traduisent le perfectionnement de la main de l'artisan.

A signaler que le zellige marocain date depuis le début du dixième siècle et il est considéré comme étant la colonne vertébrale de l'économie sociale puisqu'il incorpore une panoplie des maitres d'œuvre qui l'exercent tout en le passant à leurs enfants surtout dans les ateliers de la Medina de Fès.

Ce genre d'activité est très présent dans l'ensemble des villes et surtout dans celles ayant un caractère traditionnel dominant. Aussi, il a connu une révolution suite à l'intégration d'une multitude de méthodes permettant la fabrication, le dessin ainsi que le positionnement des motifs sur les murs.

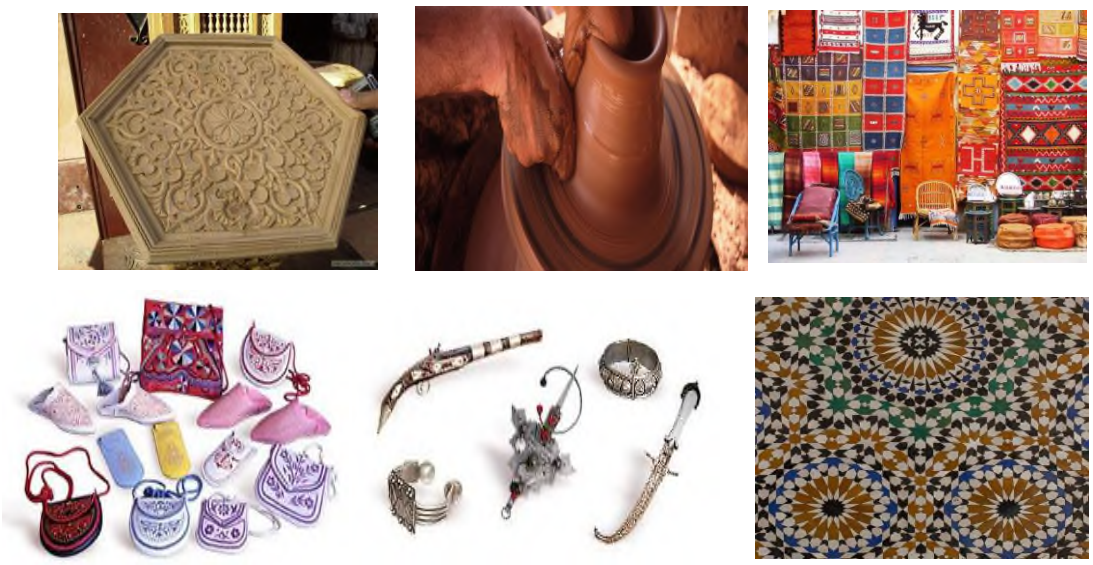


Figure 22: Exemples de certains produits issus du secteur artisanal

2-2-2- Les problèmes confrontés par l'industrie artisanale

L'industrie artisanale fait face à plusieurs problèmes parmi eux on peut citer :

- **Problèmes au niveau institutionnel**

Il est clair que l'industrie artisanale au Maroc est en période de crise: Offre et demande basse, faible chiffre d'affaire, faibles revenus, pas de couverture sociale, pas ou peu d'innovation ainsi qu'un manque d'investissement. D'autant plus, le secteur souffre d'une absence d'organisation et d'une carence au niveau de la représentativité institutionnelle.

Aussi, suite au manque d'informations les artisans ne donnent pas assez d'importance à l'impact qu'ils peuvent avoir sur les ressources naturelles ce qui pourra avoir des répercussions négatives sur l'exploitation et l'usage des matières premières.

- **Problèmes au niveau des matières premières**

Plusieurs études montrent qu'il y'a un problème au niveau de la matière première se posant avec intensification puisqu'il est clair que la consommation de la matière première doit se faire avec modération puisqu'elle représente une source de production et une richesse permettant à l'artisan de retrouver un article bien soigné et avec une qualité meilleure.

D'autant plus, plusieurs causes se rapportent à cette carence à savoir une insuffisance de moyens techniques de production, une qualité lamentable des produits due à l'état d'esprit du temps de guerre ainsi que des prix de revient demeurant excessifs.

Aussi, concernant la main d'œuvre il est remarquable que les artisans travaillent dans des conditions défavorisées ajoutant à cela les risques professionnels que l'artisan peut subir.

- **Problèmes au niveau de la commercialisation et de l'innovation**

Le secteur artisanal est caractérisé par une commercialisation insuffisante puisque il y'a des artisans qui retrouvent des difficultés à participer dans des foires et des salons et que ces derniers sont jugés insuffisants pour pouvoir commercialiser le produit artisanal.

D'autant plus, le secteur souffre d'une carence d'innovation parce que les produits à caractère national doivent sortir de leur cadre rudimentaire pour atteindre un niveau plus développé qui concorde avec les produits innovants ce qui lui permettra d'avoir un caractère concurrentiel tant au niveau national qu'international. Aussi, le Maroc doit veiller sur l'étude, l'analyse et la mise sur terrain de nouvelles stratégies permettant de promouvoir le secteur artisanal afin de le commercialiser sur un périmètre plus élargi et avec une compétitivité à caractère international.

2-2-3- Actions d'améliorations:

Pour pouvoir promouvoir le secteur artisanal, il est essentiel d'établir certaines mesures et selon plusieurs aspects:

- **Aspect structurel:**

Alors, l'appui de la production à travers la promotion et le redéploiement du tissu productif ainsi qu'à la revalorisation des outils de production. D'autant plus, plusieurs mesures doivent être entretenues tout en organisant le marché de certaines matières premières et cela repose sur l'introduction des processus qualité avec la fourniture des expertises aux PME sans bien oublier la formation qui permettra de sensibiliser les artisans de l'importance et du fonctionnement du PLM.

- **Aspect de financement:**

Afin d'améliorer le chiffre d'affaire de l'entrepreneur artisanal et ses conditions de travail, il est essentiel d'établir certaines procédures visant une organisation structurée de l'ensemble des espaces de vente avec des mesures permettant la simplification de la procédure d'octroi de crédit aux entreprises artisanales.

- **Aspect technique:**

L'intégration d'un ensemble d'outils scientifiques et techniques s'avère nécessaire dans le secteur artisanal ce qui permettra de:

1- Moderniser et faire évoluer l'ensemble des techniques tout en procédant par étapes.
2- Faire améliorer l'ensemble des conditions environnementales à travers des techniques et des processus pouvant être à la portée de l'ensemble des artisans.

- **Aspect organisationnel:**

Il est essentiel de prendre certaines mesures permettant la structuration et l'organisation du secteur puisque ce côté n'est pas valorisé dans l'industrie artisanale ce qui aura un impact positif sur l'orientation de la production ainsi que sur l'exportation tout en visant comme objectif la favorisation de la qualité.

2-3- Le rôle du PLM au sein d'une PME

L'introduction du PLM dans une PME aura plusieurs avantages puisqu'il va favoriser la communication dans l'équipe et cela à travers:

1- Le fait de personnaliser les espaces de travail ce qui aura un impact positif sur l'organisation de l'ensemble des contenus.
2- Le fait de partager les informations relatives aux produits en interne et avec les clients. D'autant plus, le PLM permet d'améliorer la productivité ce qui va impacter le délai de mise sur le marché. Aussi, à travers une interface sécurisée l'outil assurera la collaboration autour des données produit sans pour autant prendre en considération la contrainte de la localisation. En plus de cela, le PLM pourra introduire une diffusion sécurisée des informations de conception tant pour les fournisseurs que pour les clients.

Concernant l'industrie artisanale, le PLM permettra une gestion efficace des données puisqu'il va assurer une optimisation de l'utilisation des matières premières. D'autant plus, le PLM pourra assurer une réponse en un temps réel à des commandes importantes parce qu'il est remarquable que l'artisanat en devenu un patrimoine culturel à caractère international ce qui aura des répercussions sur les commandes des produits artisanaux. Aussi, l'implémentation de certaines applications (gestion des données, CAO,….) aura un impact positif sur la main d'œuvre puisqu'elle va faciliter la tâche pour les artisans ce qui se répercutera sur les conditions de travail de la main d'œuvre.

VI- Conclusion

Le PLM est une démarche qui nécessite un suivi lors de son introduction dans une entreprise. Le passage à intégrer le PLM dans le processus de production nécessite un changement organisationnel et stratégique au niveau de l'entreprise ce qui pourra donner un nouveau souffle permettant à l'entreprise de commercialiser ses produits différemment afin de mieux élargir sa marge de profit.

D'autant plus, le PLM reste un support qui contribue à l'innovation collaborative tout en rassemblant un ensemble d'outils que nous avons essayé de détailler et qui permettent de recueillir les idées, de gérer les données et de faire propager les informations nécessaires dans des environnements différents. De même, nous avons essayé d'analyser les principales fonctionnalités du PLM tout en introduisant le problème d'interopérabilité entre les systèmes composant le PLM tout au long du cycle de vie du produit.

Aussi, l'amélioration des petites structures reste tributaire d'un ensemble de facteurs à savoir l'instauration d'un ensemble d'outils technologiques capables de promouvoir les PME tels que le PLM qui va assurer une amélioration de la production et du time market, une diminution des couts et des charges et un perfectionnement de la qualité des produits fabriqués. Dans nos prochains travaux de recherche nous nous intéressons à une catégorie spécifique des PME qui est l'industrie artisanale et qui reste un domaine nécessitant plusieurs mesures en vue de son amélioration. Pour cela, nous avons jugé nécessaire d'introduire le PLM au sein de ce secteur pour résoudre un ensemble de problèmes que nous allons détecter dans le prochain chapitre et qui sera un premier pas vers l'instauration du PLM au sein du secteur artisanal pour pouvoir optimiser l'utilisation de la matière première et c'est ce que nous essaierons de voir dans notre étude de cas concernant la filière de zellige au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc.

Chapitre 2: Un premier pas vers une intégration du PLM dans le secteur de l'économie sociale Marocain

I- Introduction

Le présent chapitre est le résultat d'une étude réalisée au sein du secteur artisanal au Maroc, il s'agit d'une analyse basée sur un recensement (questionnaire) ayant pour but principal de contribuer à l'introduction de la gestion du cycle de vie du produit artisanal tout au long de sa chaine de valeur. Pour cela, nous avons opté pour l'investigation de certains problèmes rencontrés au sein du secteur pour détecter les points où la technologie pourra s'intervenir ainsi que les leviers et bénéfices poussant les entreprises à intégrer ce genre d'approches dans leur travail. D'autre part, l'objectif est de pousser les entités gérant les industries artisanales à intégrer le PLM dans leur processus de production.

D'après une visite au sein de la Direction Régionale de l'Artisanat relevant de la région de Fès Meknès, nous avons essayé d'organiser une réunion avec les responsables d'un ensemble d'industries artisanales relevant de plusieurs secteurs. Nous avons fait une constatation concernant l'intégration de la technologie au sein du secteur artisanal au Maroc qui stipule l'existence:

- D'une part, des leviers favorisant l'instauration d'une approche technologique au sein du secteur artisanal au Maroc.
- D'autre part, des obstacles empêchant la technologie à aboutir aux résultats souhaités.

Alors, tout en se basant sur l'ensemble des points que nous avons évoqués au sein de notre réunion, nous avons essayé de réaliser un questionnaire destiné aux entreprises relevant du secteur de l'économie sociale marocain sous ses différents secteurs (cuir, zellige, poterie, tapisserie, couture, menuiserie,...) les résultats préliminaires ont montré que:

- La gestion et le travail au sein du secteur artisanal sont caractérisés par une anarchie qui impacte les conditions de travail des artisans qui demeurent déplorables. Pour cela, une urgente intervention devra être prise en considération en vue d'améliorer les conditions de travail de la main d'œuvre pour une croissance accélérée de la production.
- Le problème relatif à la matière première et à l'énergie est très redondant au sein de l'industrie artisanale tout en ayant plusieurs causes parmi elles nous pouvons citer l'insuffisance des moyens techniques de production ainsi que les prix de revient qui demeurent exorbitants.

Alors, intégrer la technologie au sein de l'industrie artisanale est une nécessité incontournable au Maroc pour pouvoir résoudre l'ensemble des défis confrontés par le dit secteur puisqu'elle va permettre de gérer le travail d'une manière efficace au sein des ateliers et de faciliter certaines tâches qui demeurent caractérisées par une très forte anarchie.

II- Contexte de l'étude

Pour mener à terme l'étude qu'on vise à achever, nous avons organisé une visite au sein de la Direction Régionale de l'Artisanat et de l'Economie Sociale à la région de Fès Meknès. Lors de cette visite, nous avons essayé de noter l'ensemble des idées pouvant être efficaces en vue d'instaurer une approche technologique au sein du secteur.

Le premier constat fait par le groupe des participants à cette réunion nous a permis de constater que les PME sont très loin de l'ingénierie numérique et du travail collaboratif. Du coup, l'usage de la technologie au sein de l'industrie artisanale est très faible voire absent même si le travail dans les ateliers artisanaux pourra s'effectuer d'une manière collaborative et commune. Pour cela, nous avons essayé d'élargir notre étude autant que possible pour qu'elle puisse inclure une multitude de secteurs.

Les objectifs de notre étude se sont limités à:

- L'analyse du secteur artisanal marocain avec une comparaison entre le secteur de l'économie sociale au Maroc et en Europe.
- La description des composantes d'une solution PLM.
- L'identification des facteurs influençant l'intégration du PLM.

1- Déployer une solution PLM dans une entreprise

Il est à prendre en considération que les PME perçoivent le PLM comme étant une solution assurant une gestion des données et processus au cours de l'exécution des taches ou activités par l'ensemble des acteurs tout au long du cycle de vie du produit. Mais, il est à remarquer que les PME peuvent retrouver des obstacles lors de l'usage des systèmes PLM ce qui ne permettra pas une utilisation méthodique mettant en valeur l'ensemble des compétences de l'entreprise. Ces obstacles demeurent dans l'existence de modèles facilement exploitables permettant une représentation du cycle de vie du produit. D'autant plus, la stratégie des éditeurs pour pouvoir introduire de telles solutions au sein des PME repose essentiellement sur des modèles et des prototypes ce qui pourra représenter une difficulté suite aux spécificités des PME et plus précisément dans l'industrie artisanale.

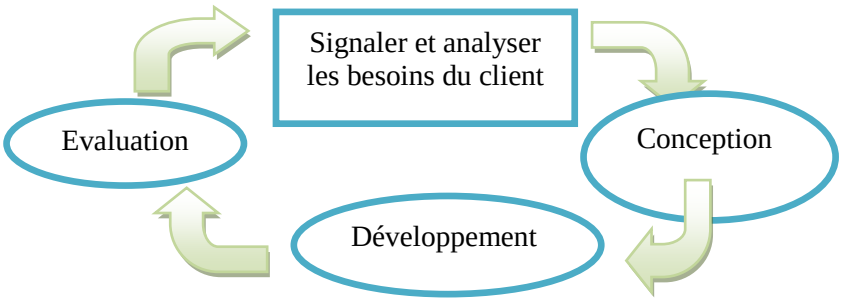


Figure 23: Démarche utilisée en vue du déploiement d'une solution PLM

Il est à mentionner que ce genre de méthodes permet une étude et un examen des besoins du client au niveau fonctionnel et décisionnel. Mais, le réel problème réside dans le fait de créer une complémentarité entre l'outil développé et l'ensemble des attentes relatives au client. Alors, l'outil déployé se base sur des standards et que la possibilité de l'implémenter chez l'ensemble des clients ne reste pas certaine. Alors, malgré l'unicité de la solution le problème réside dans la diversité et le caractère. D'autant plus, les acteurs peuvent avoir des points de vue opposés les uns des autres à savoir que les clients s'intéressent plus aux fonctionnalités et

aux couts par contre les éditeurs de la solution se focalisent sur des buts à caractère structurel, technologique et opérationnel ce qui mène vers des incompatibilités provoquant des obstacles lors de l'implantation du logiciel. A considérer que cette méthodologie n'aboutit pas toujours aux objectifs tracés et engendre dans la plupart des cas des retards importants lors des plannings initiaux et entraine une relation corrélée entre l'éditeur et le client.

A conclure que l'introduction d'une telle démarche au sein d'une PME reste limitée puisque ces entreprises veulent toujours garder une certaine indépendance vis-à-vis des éditeurs ce qui mène parfois vers une sorte de méfiance entre l'entreprise et les objectifs des éditeurs.

Il s'agit d'une approche centrée éditeur puisque l'entreprise, comme nous avons déjà cité précédemment, considère le déploiement du PLM en une relation de dépendance quasi-totale vis-à-vis de l'éditeur. Pour cela, il est essentiel de mettre le doigt sur la phase d'avant-projet (pré-étude) permettant une étude et une instauration d'un ensemble de buts tracés par le projet à savoir la rédaction du cahier de charge à partir duquel l'éditeur pourra être choisi. Cela pourra être un fil conducteur permettant à l'entreprise d'avoir une vision claire de ses objectifs afin de signaler ses besoins et ses attentes et examiner sa situation actuelle en vue de prendre une décision concernant l'intégration de l'outil au sein de l'entreprise. Après cela, il faut diffuser le concept du PLM, mieux le définir, le simplifier afin qu'il soit compris et accepté au sein de l'entreprise.

2- Les étapes pour l'instauration d'une approche PLM au sein d'une entreprise

Afin de pouvoir instaurer une approche PLM au sein d'une entreprise, il est essentiel de suivre une démarche basée sur 4 étapes permettant d'énumérer l'ensemble des besoins de l'entreprise afin de pouvoir chercher l'éditeur de l'outil souhaité.

- Etape 1: Essayer d'établir un modèle pouvant représenter l'organisation actuelle au sein de l'entreprise sans pour autant se concentrer sur le PLM.
- Etape 2: Essayer de mieux cerner l'approche PLM afin de pouvoir anticiper l'ensemble des effets possibles de l'outil sur l'entreprise.
- Etape 3: Faire intégrer les futurs utilisateurs de l'outil dans son déploiement afin de pouvoir faciliter son acceptation.
- Etape 4: Enumérer les besoins ainsi que l'ensemble des caractéristiques préliminaires de l'outil en adéquation avec les spécificités de l'entreprise ainsi qu'avec les besoins de l'utilisateur.

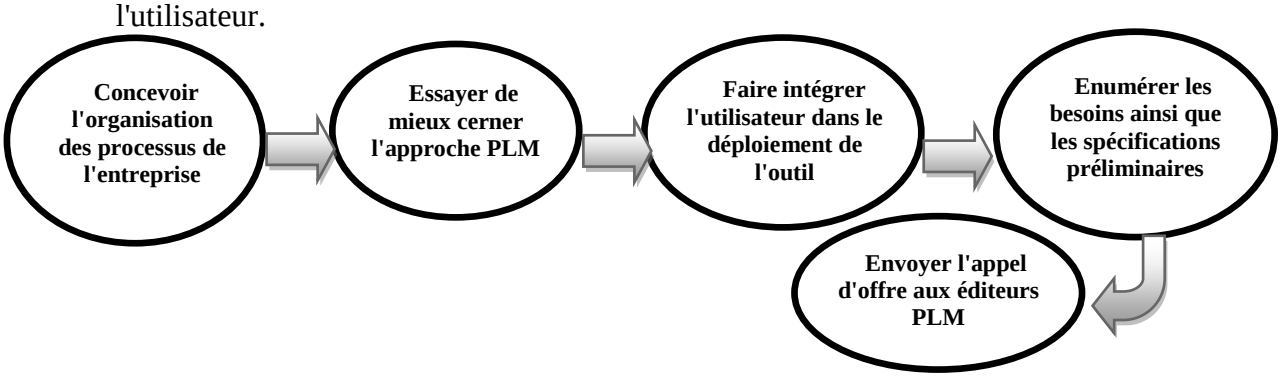


Figure 24: Les étapes d'instauration d'une approche PLM au sein d'une entreprise

2-1 Description des trois premières étapes du processus

Lors de la conception du système d'information, il est nécessaire de préciser toutes les habitudes et tous les besoins de l'ensemble des utilisateurs. Pour cela, la première étape demeure une nécessité incontournable puisqu'elle a pour but de présenter toute une caractérisation de l'ensemble des besoins, elle devra être précise et autant détaillée que possible. A vrai dire, il s'agit d'une démarche qui devra être basée sur la collaboration, la clarté et l'ouverture ce qui permettra d'introduire certains aspects à savoir:

- **La communication:** Instituer une communication efficiente entre l'ensemble des parties prenantes imbriquées dans le projet (soit au sein de l'entreprise, soit avec les experts techniques).
- **Démocratisation de l'information:** L'ensemble des acteurs doivent avoir suffisamment d'informations sur le projet afin de pouvoir réaliser les objectifs tracés. Pour cela, il est crucial d'organiser et ordonner l'entreprise. Alors, dans une entreprise artisanale, nous pouvons charger des personnes ayant une longue expérience dans le domaine et en même temps ils ont pour principale mission le pilotage de l'activité au sein de l'entreprise à savoir la conception, la décision et l'exécution des projets de l'entreprise. Cette personne sera désignée par les responsables chargés de l'organisation du projet (création du groupe projet, exécution et suivi des activités du projet PLM). Alors, avant de démocratiser le projet, il est essentiel de réaliser une étude de faisabilité tout en appréciant l'adéquation du projet vis-à-vis de l'entreprise.

2-1-1 Etude de faisabilité:

Il est à signaler qu'il faut mener une étude visant à donner une idée sur les solutions du PLM existantes sur le marché tout en constituant une idée générale sur les gains, les pertes ainsi que les défis auxquels le projet peut faire face. De même, cela permettra de mieux cerner les fonctionnalités proposées par ce genre d'outils afin de pouvoir apprécier son efficacité. Cela pourra être effectué par un assemblage d'une multitude d'informations issues à partir des recherches sur des sites internet, ou bien à travers un contact direct ou indirect avec des éditeurs PLM, ce qui mènera vers l'élaboration d'une sorte de synthèse montrant l'ensemble des éditeurs existants sur le marché PLM ainsi que l'ensemble des fonctionnalités présentées ayant un lien avec la nature de l'activité de l'entreprise. Cela va permettre au groupe chargé du projet de mieux se familiariser avec le concept du PLM en organisant toutes les occasions retrouvées entre la main de l'entreprise pour pouvoir prendre la décision la plus efficace et qui concorde avec les intérêts de l'entreprise. Alors, tout en examinant l'ensemble des fonctionnalités offertes par les solutions logicielles des éditeurs, le groupe chargé du projet pourra décider de l'effet du projet sur l'entreprise pour pouvoir choisir soit de continuer ou non en ce qui concerne l'introduction de la solution. Si la commission décide de poursuivre nous pouvons passer à l'organisation du projet.

2-1-2 L'organisation du projet

La structuration et l'organisation du projet reste une phase primordiale afin de pouvoir aboutir aux buts stratégiques relatifs au projet. Pour cela, il reste incontournable de préciser les acteurs impliqués ainsi que leurs rôles, la détermination des plannings prévisionnels ainsi que la détermination de l'équipe projet. Concernant les projets tendant vers la conception d'un

système d'information basé sur une multitude de procédures, habitudes et besoins de chacun des usagers. Nous identifions trois groupes d'acteurs à savoir:

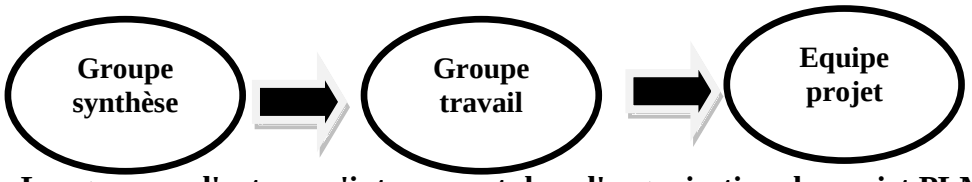


Figure 25: Les groupes d'acteurs s'intervenant dans l'organisation du projet PLM

Concernant le groupe nommé "groupe de travail", ses acteurs auront pour mission de sensibiliser le personnel à suivre la méthodologie choisie, il pourra être constitué du chef du projet, d'un consultant externe, etc. Alors, à partir des données recueillies, ce groupe peut proposer des nouvelles idées et solutions au groupe de synthèse constitué uniquement par des acteurs nommés "décideurs" tels que le PDG, les chefs de services, etc. Dans le cas de l'industrie artisanale nous pouvons parler des chefs d'ateliers. Ce groupe a pour principale mission d'analyser l'ensemble des modèles proposés par le groupe travail afin de les approuver ou bien de les décliner.

Pour le dernier groupe appelé "interviewés" ou "équipe projet" composé des personnes pouvant être capables de fournir les informations nécessaires pour pouvoir modéliser l'entreprise. Sa principale mission se base sur le fait de donner un coup de pousse au groupe de travail à travers une explication des fonctions occupées, des missions accomplies ainsi que l'ensemble des données transmises et reçues. Cela se fera suite à l'usage des questionnaires et entretiens individuels, ce qui permettra de jouer un rôle important dans la modélisation des systèmes actuels et futurs de l'entreprise.

A vrai dire, l'introduction d'un outil informatique pourra être étalée sur une zone assez importante. Donc, le PLM doit se faire tout en engageant l'ensemble des utilisateurs et plus précisément les utilisateurs finaux puisque ces derniers auront un contrôle final sur l'ensemble des décisions relatives à l'outil. Alors, lorsque le groupe est constitué nous pouvons passer à la réalisation de l'étape de compréhension et de modélisation des processus de conception.

2-1-3 Modélisation du processus (R&D):

Il est à remarquer que l'industrie artisanale possède peu de niveaux hiérarchiques ce qui rend difficile la prise de décision entre l'ensemble des acteurs puisque les échanges sont très vagues suite à la multiplication du nombre d'acteurs (tout le monde peut donner son point de vue) ce qui pourra prolonger la prise de décision. De même, il est à observer que dans ce genre d'entreprise, les rôles des acteurs ne sont pas nettement identifiés puisque le pouvoir décisionnel de chacun reste ambigu. Pour cela, il reste une nécessité de préciser l'ensemble des anomalies générées par la structure fonctionnelle de l'entreprise et tenter de rendre fiable les processus de décision pouvant être intégrés dans l'outil PLM. D'où la nécessité de proposer un modèle décisionnel qui représente les activités décisionnelles de l'entreprise. Après cela, il est essentiel de passer à l'étape de modélisation qui devra être marquée par l'engagement de toute l'équipe. Alors, la formation aux méthodes et outils reste une étape très importante pour atteindre les objectifs du projet. Pour cela, il faut représenter le système d'information de l'entreprise à travers la sélection des modèles pouvant représenter les spécifications des structures actuelles et futures de l'entreprise lors du déploiement de l'outil. A considérer que ces modèles doivent être établis sur la base d'interviews et de questionnaires

structurés et testés auprès de l'équipe de projet pour pouvoir recueillir un nombre important d'informations sur les activités, taches, connaissances, compétences et habitudes de chaque utilisateur.

- **Recueil des données, questionnaires et entretiens individuels:** Le remplissage des questionnaires peut entrainer des biais puisque ces derniers ne seront pas anonymes ils peuvent provoquer des phénomènes dits de "défense" chez les personnes interrogées de peur qu'elles soient jugées par les réponses données. De même, dans le cas où le questionnaire va être rempli par plusieurs personnes pour complément, il faut faire attention à ce que la 2eme, 3eme personne ne sera pas influencée par les réponses qui leur précédent et pourra faire un jugement sur les réponses des autre personnes. Afin d'éviter ces problèmes, il est essentiel de sensibiliser les enquêtés du fait que leurs réponses s'articulent autour de l'intérêt commun de l'entreprise afin de favoriser la collaboration entre les individus et les ateliers.

Concernant le fond du questionnaire, il s'agit d'une enquête qualitative ayant pour objectif l'acquisition d'un nombre important d'informations pouvant être utiles dans la modélisation du système de conception des projets/produits actuels et souhaités dans l'entreprise. Aussi, cela pourra aider l'entreprise à relever l'ensemble des anomalies et essayer de saisir les fonctionnalités de l'outil PLM assurant un support des activités décisionnelles, organisationnelles et opérationnelles en vue du développement de nouveaux produits. Alors, le questionnaire doit suivre un enchainement logique tout en s'articulant sur les points suivants:

1- Identifier les acteurs pouvant avoir des répercussions relatives au développement de nouveaux produits.
2- Préciser les processus qui peuvent être impactés lors du développement de nouveaux produits.
3- Présenter une modélisation des activités décisionnelles lors du développement de nouveaux produits.
4- Assimiler les habitudes de travail de l'ensemble des acteurs de l'entreprise tout en mettant en relief l'ensemble des dysfonctionnements pouvant être confrontés.

Il faut retenir que l'étape de collecte d'information joue un rôle très important dans la modélisation des besoins de l'entreprise. Alors, une fois les informations sur les activités des utilisateurs sont recueillies, il faut les formaliser et les interpréter.

- **Vision stratégique:**

Tout en se référant à l'ensemble des données collectées, nous pouvons passer à la modélisation du système décisionnel de l'entreprise par exemple nous pouvons utiliser la grille GRAI et les réseaux GRAI.

Il s'agit d'une méthode assurant la représentation et l'analyse du fonctionnement de tout ou une partie d'activités afin de pouvoir organiser les processus générant les décisions tout en représentant l'environnement interne de l'entreprise et sa structure décisionnelle qui pourra être décomposée en trois niveaux (stratégique, tactique, opérationnel) tout en définissant un centre de décision qui va correspondre à l'intersection d'un niveau décisionnel (stratégique, tactique, opérationnel) et d'un objectif fonctionnel donné. Alors, cette grille permettra de

définir les objectifs, les variables de décision (levier d'action), les contraintes et les critères associés à la prise de décision.

- **Vision tactique Les structures organisationnelles (MINDMAP):**

A remarquer qu'il est nécessaire d'introduire la notion du groupe dans l'outil PLM puisque les groupes seront introduits dans l'outil par l'administrateur informatique en vue de bâtir un système sécurisé. Alors, un utilisateur aura le droit d'accéder à certaines options suite à son appartenance à un groupe bien défini. Alors, afin de pouvoir identifier l'ensemble des acteurs de l'entreprise ayant des buts et des moyens en commun, nous sommes ramenés vers la description des groupes auxquels ils peuvent appartenir. Pour cela, nous pouvons utiliser le MINDMAP qui se structure en quatre branches et l'éditeur peut utiliser une carte heuristique pour chaque client.

1- Modélisation de l'entreprise: Contient les informations sur l'entreprise cliente (son organisation ses acteurs, etc). Elle évolue au fur et à mesure de l'évolution du projet.
2- Suivi des contributions: Donne une idée sur l'ensemble des actions réalisées au cours du projet tout en assurant un suivi de son évolution.
3- Suivi des livrables: Contient la documentation produite au cours du projet ce qui pourra aider l'éditeur et le client à apprécier son état d'avancement.
4- Définition des applications: C'est à cette branche où se retrouvent l'ensemble des logiciels développés tout au long du projet.

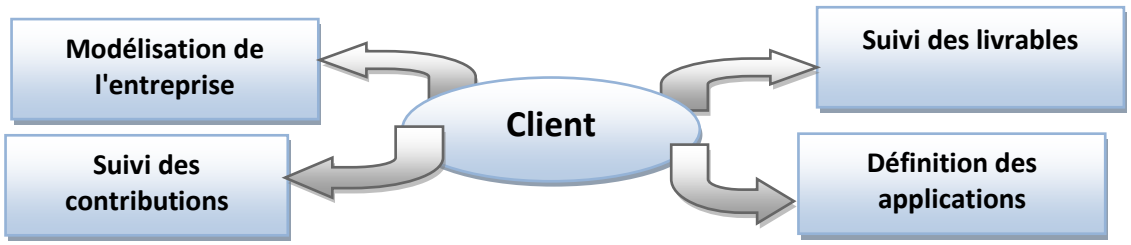


Figure 26: Architecture globale de la carte heuristique dédiée à un client [15]

- **Vision tactique (BPMN)**

A partir des données collectées, il sera indispensable de modéliser l'ensemble des processus métiers de l'entreprise ayant une relation avec la conception d'un nouveau produit ou d'un produit déjà existant. À ce niveau-là, s'intervient la méthode BPMN qui est considérée comme étant un mécanisme assurant la définition des processus de l'entreprise à travers un langage graphique ce qui pourra éclaircir davantage la méthode aux acteurs de l'entreprise ainsi qu'à l'éditeur qui va veiller au déploiement des processus de l'entreprise.

- **Vision opérationnelle:**

Il reste une nécessité incontournable de compléter tout ce qui a été dit par une vision centrée "usagers" pouvant faire référence à la description de l'ensemble des acteurs et essayer de préciser dans quel contexte chaque acteur est capable d'exprimer le meilleur de lui-même dans le but de garantir une stratégie de gestion des connaissances adéquate et fiable.

2-2 La quatrième étape du processus: une étape primordiale

Le projet PLM a pour but de fournir aux acteurs une représentation assez cohérente et précise du produit tant à la phase théorique qu'à la phase physique (la réalisation du produit).

Alors, à travers l'ensemble des modèles cités précédemment, nous nous retrouvons devant une panoplie d'informations à intégrer et à administrer dans l'outil PLM.

A ce stade-là, le langage UML s'intervient permettant la description de la structure des relations entre l'ensemble des données du système PLM avec une modélisation de ces dernières au cours des étapes du projet tout en assurant un respect des règles métiers pour chaque activité. Après cela, nous pouvons passer à la rédaction du cahier de charge à partir de l'ensemble des données collectées puisque ce dernier représente le support de communication entre l'éditeur et l'équipe chargée du projet. Alors, ce cahier doit être rédigé avec exactitude tout en comportant une partie fonctionnelle, une partie technique et une partie projet.

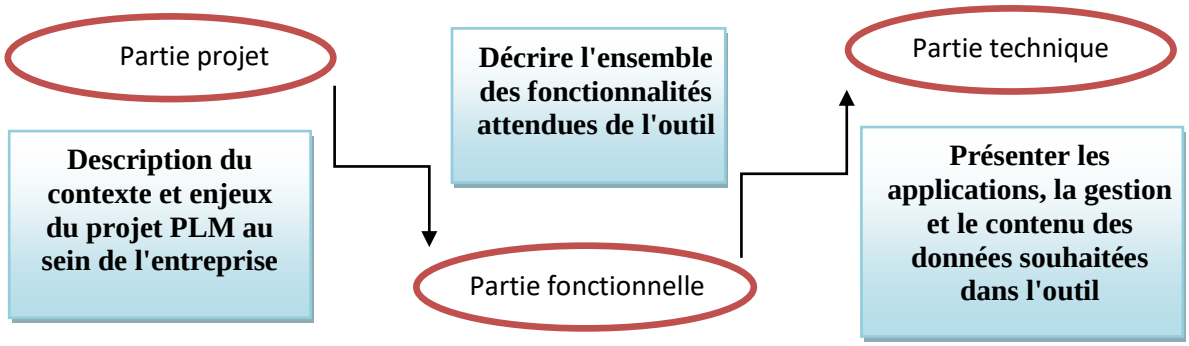


Figure 27: Les parties qui doivent être présentes dans un cahier de charge

Après cela, nous pouvons passer à l'appel d'offre et réponses commerciales en vue de choisir la solution la plus adéquate.

2-3- Intégration de la contrainte technologique (PLM) dans le processus de production du produit

2-3-1 La dimension technologie

La dimension technologie pourra être considérée comme étant la dimension apportée par l'intégration de la contrainte technologique.

Ces dernières années, les nouvelles technologies ont retrouvé une accélération de leur rythme ainsi qu'une extension de leur généralisation. Cette situation à laquelle s'ajoutent la globalisation et la mondialisation des économies, crée autour des entreprises un environnement économique turbulent. Alors, l'usage de la technologie constitue un atout considérable vis-à-vis de la création de la gestion des petites entreprises [50].

Sur le plan économique, le flux de l'information autour de l'entreprise se retrouve à la fois comme une opportunité et un risque. Alors, une entreprise qui utilise les outils technologiques fait face à une arme à double tranchant. Du coup, les entreprises qui ont retrouvé une amélioration de leur activité ont intégré les technologies de l'information dans leurs relations afin de pouvoir acquérir de nouveaux clients locaux ou étrangers sur la toile. Ainsi, l'usage de l'internet permet aux PME de maintenir leurs relations, de faciliter la communication afin de pouvoir assurer un échange de service plus rapide et moins cher avec les fournisseurs, les clients locaux/étrangers. Alors, comment peut-on considérer ces technologies de l'information comme un levier de performance de l'entreprise?

Les technologies de l'information et de la communication permettent de faire évoluer des modes de gestion stratégiques caractérisés par un environnement concurrentiel, ce qui pourra garantir à l'entreprise un suivi et un contrôle de la production ainsi que de la gestion

commerciale, financière, humaine et informationnelle. Du coup, les systèmes d'information sont perçus comme étant un pilier essentiel vis-à-vis de l'instauration d'une stratégie compétitive dans le court, le moyen et le long termes.

2-3-2 La genèse des TIC

Il est à remarquer que selon P.Musso (1994), la notion des TIC a vu le jour il y'a une vingtaine d'années. Tout d'abord, l'extension et l'amplification de trois domaines techniques à savoir: les télécommunications, l'audiovisuel et l'informatique. Du coup, la naissance de "l'ère multimédia" a vu le jour suite à l'avancement de ces trois domaines techniques cités précédemment, ce qui a permis d'offrir un ensemble de services diversifiés et d'une manière croissante. Alors, la numérisation de l'information a engendré une révolution influente dans le domaine de communication afin de pouvoir s'étendre aux télécommunications et à l'audiovisuel. De ce fait, le traitement de l'information, son codage et sa transformation par les terminaux adéquats (ordinateur, téléphone, mobile....) ont impliqué un contact entre l'émetteur et le récepteur grâce à des medias permettant de transformer une ou plusieurs formes d'information qu'elles soient textuelles, acoustiques ou images. Du coup, l'évolution et le développement des technologies sous jacentes au numérique procurent un traitement efficace et croissant en terme de quantités d'information. Donc, l'abondance technologique dans les domaines de l'informatique, les télécommunications et l'audiovisuel ont engendré l'introduction de nouvelles techniques et concepts qui ne cessent de s'imposer d'un jour à l'autre permettant la création de nouvelles applications innovantes dans une panoplie de domaines [51].

C'est à cet égard que Pfeiffer(1999) présume que la convergence des technologies et d'équipements vers de nouveaux services destinés à tout le public définit le secteur dit Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) utilisées par les personnes physiques aussi bien que morales [52].

2-3-3 Usage des TIC dans les entreprises:

Un système d'information pourra être défini comme un processus qui assure la création, la collecte, le traitement, le stockage et la communication de l'information.

A vrai dire, les ordinateurs ainsi que les réseaux qui les relient constituent des outils informatiques permettant à la fois le traitement de l'information ainsi qu'à l'agencement de l'ensemble des activités au sein de l'entreprise. Alors, Everaere (1997) stipule que l'échange rapide de l'information permet une flexibilité assurant la création d'une capacité d'adaptation à des aléas imprévisibles et urgents [53].

L'expansion des marchés, la dégradation des cycles de vie des produits et des avantages concurrentiels complexifient d'un jour à l'autre le métier de l'entreprise. Par contre, les TIC permettent d'assurer une intervention afin de consolider la pertinence de management entrepreneurial en privilégiant et considérant les représentations du dirigeant comme un élément moteur de la stratégie de l'entreprise, ce qui permet de dire que les PME sont les premières bénéficiaires des technologies de l'information et de la communication.

Afin de pouvoir améliorer leurs situations économiques et concurrentielles, plusieurs auteurs ont traité ce genre de sujet. Benghozi et al. (2000) et Beaudouin et al. (2001) précisent que les modèles d'entreprises performantes unissent à la fois le design organisationnel et le système d'information [54] [55]. De ce fait, nous pouvons dire que les technologies de

l'information et de la communication sont des armes à double tranchant en termes de productivité et de position concurrentielle. Alors, les technologies de l'information manipulent le contenu des stratégies, les compétences et le comportement du dirigeant ainsi que son rôle du manager. Du coup, l'usage de ces outils s'avère primordial au sein d'une organisation quels que soient sa taille, son domaine ou ses fonctions et permettra de transformer le système de l'information de l'entreprise afin de garantir une dotation de l'ensemble des services de l'entreprise dans les meilleurs délais. De ce fait, Peppers (1999) présume que l'entreprise doit offrir à son client la même information quel que soit le lieu où il se trouve tout en entretenant avec lui les relations transactionnelles [56]. Désormais, les relations avec les clients via l'internet s'inscrivent dans une démarche sociale cadrée par des cercles d'appartenance, des groupes de référence de communauté assurant une métamorphose des stratégies et des pratiques du marketing [57].

Kolter et Dubois (1997) jugent que les sociétés qui utilisent les technologies de l'information et de la communication se focalisent essentiellement sur la communication aussi bien avec les employés qu'avec les clients et les fournisseurs [58]. Du coup, le réseau procure aux entreprises une multitude d'opportunités qui doivent les utiliser à leurs profits. De ce fait, le système de gestion de performance doit promouvoir l'usage d'une multitude de sources dans l'ensemble des domaines et services [59]. Quel lien peut-on tisser entre les TIC et la performance de l'entreprise?

Il est à remarquer que les entreprises doivent intégrer les technologies de l'information et de la communication pour faire face à un ensemble de défis que nous allons essayer de présenter dans le paragraphe suivant.

2-3-4 Les défis que l'entreprise industrielle peut faire face

L'entreprise industrielle peut faire face à un ensemble de défis à savoir:

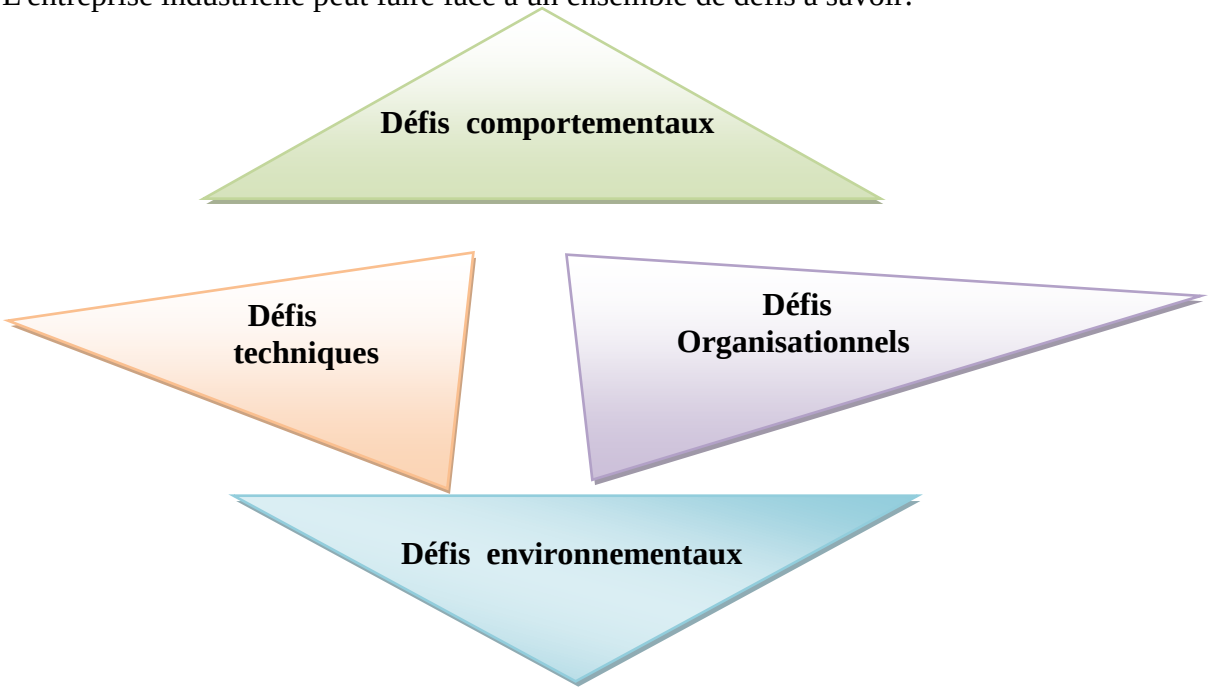


Figure 28: Les défis que l'entreprise industrielle peut faire face

- **Des défis à caractère environnemental:** Suite à l'ensemble des changements et des évolutions fluctuantes du monde économique. Du coup, la dimension environnement reste une problématique complexe puisqu'elle demande une somme importante des connaissances. A vrai dire, l'éco-conception se retrouve comme un facteur primordial qui génère cette complexité et qui repose sur les deux principes d'une approche globale qui caractérise l'ensemble du cycle de vie du produit du "berceau à la tombe" et d'une approche multicritère qui prend en considération l'ensemble des impacts environnementaux sur le produit.
- **Des défis à caractère organisationnel:** Il est à remarquer que ce genre de défis est en forte liaison avec des besoins de management et d'adaptation continus de l'ensemble des processus (métiers et fonctionnels) ainsi que le renforcement des performances. A vrai dire, la complexité organisationnelle se retrouve en un lien direct avec le nombre élevé de personnes impliquées dans le processus de développement du produit, aux nouvelles relations entre elles et à l'usage des connaissances actualisées à travers les modèles. De ce fait, l'analyse et l'étude de la complexité organisationnelle se retrouve cadrée par un ensemble de disciplines à savoir la gestion de projet, le design organisationnel ou encore les études des réseaux sociaux. Par contre, les approches collaboratives se présentent comme un moyen efficace de gestion de cette complexité.

Exemple de complexité organisationnelle:

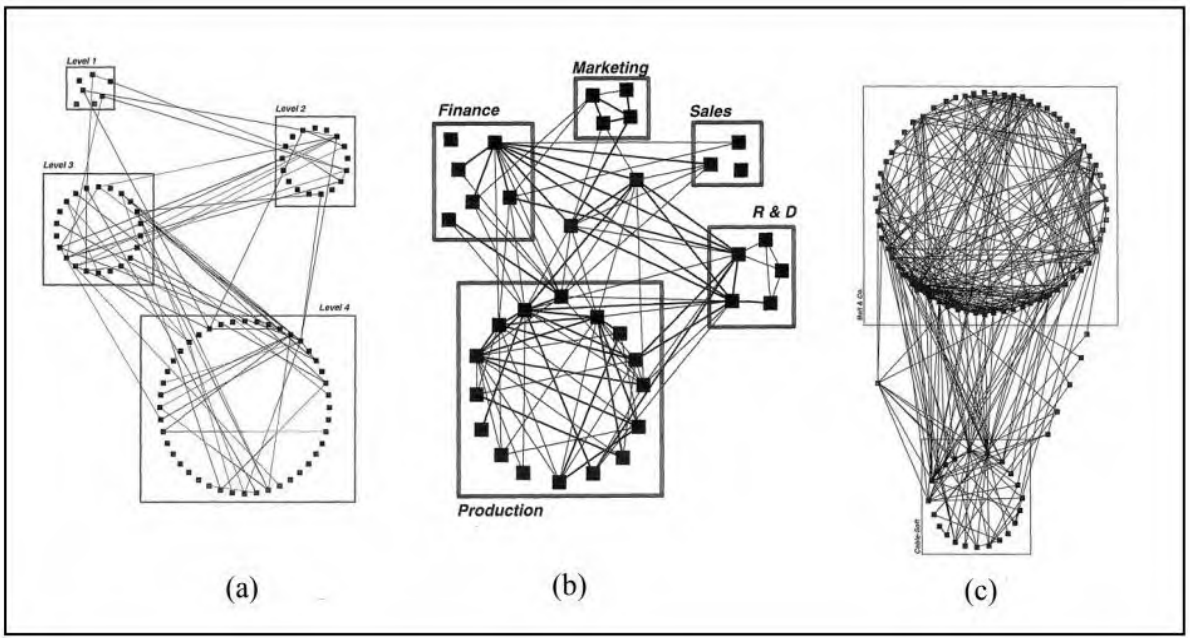


Figure 29: Illustration de la complexité organisationnelle [60].

La figure précédente illustre la propagation du réseau de communication entre les membres de l'entreprise à plusieurs niveaux. Donc, la figure "a" illustre les flux entre les niveaux d'ingénieurs pouvant être perçus comme une sorte de complexité organisationnelle, la figure "b" montre des flux au sein d'une petite entreprise. De même, la figure "c" pourra être considérée comme une présentation des clusters émergents entre deux groupes d'entreprises, il s'agit d'une complexité organisationnelle inter-entreprises ou au niveau du marché.

- **Des défis à caractère technique:** Il est à considérer que la gestion des entreprises pourra se heurter à des besoins en matière de flexibilité technique et de synchronisation du système d'information produit en sa faveur. Puisque le système d'information doit couvrir l'ensemble des processus transversaux de l'entreprise en l'occurrence la gestion commerciale de produits, le développement des produits, les achats, la production, la gestion de la qualité. De ce fait, la mise en place d'un système d'information produit engendre en général des situations hétérogènes vis-à-vis de son instauration tout en se référant au cahier de charge initial. Les obstacles de mise en place de ce genre de systèmes sont abondants (humains, organisationnels, comportementaux, etc.) et peuvent conduire vers des situations organisationnelles compliquées. Du coup, l'introduction des SIP pourra se faire suivant une multitude de façons mais leur réussite est tributaire de la qualité de fonctionnement de la structure concernée.
- **Des défis à caractère comportemental:** Plusieurs intervenants peuvent causer ce genre de problème puisque les acteurs peuvent faire face à des problèmes d'adaptation au nouveau mode de gestion ainsi que la stratégie servie par l'entreprise au niveau du partage des informations et des responsabilités, la figure suivante illustre certaines difficultés vis à vis de ce genre de défis.

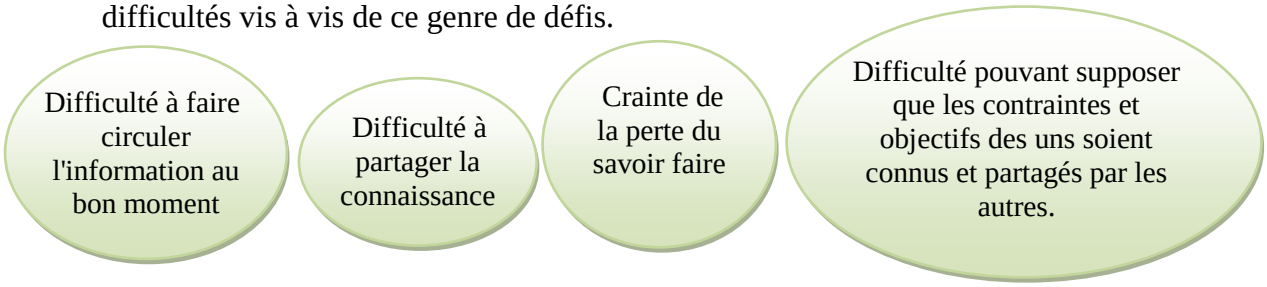


Figure 30: Présentation de certaines difficultés auxquelles une entreprise industrielle peut faire face

2-3-5 Complexité de la contrainte d'intégration du PLM

L'intégration du PLM au sein d'une entreprise et plus particulièrement au sein d'une PME est un sujet qui a été traité par plusieurs scientifiques:

- D'une part, des auteurs qui ont centré leurs travaux vers l'étude de la faisabilité du projet, sa réalisation ainsi que le déploiement du PLM dans l'entreprise. Il s'agit plutôt d'un ensemble de travaux permettant la description des différents stades du projet ainsi que l'ensemble des moyens et méthodologies de son implémentation.
- D'autre part, des auteurs qui s'intéressent plutôt à l'étude des enjeux du PLM, les conditions de son succès face à l'ensemble des défis retrouvés tout en essayant de mettre la main sur l'effet de l'intégration du PLM sur l'entreprise, son impact sur le changement culturel, sur les processus métiers: quels types de collaboration? Quels types d'outils? Quelles compétences requises?

Il est à remarquer que le cycle de vie du produit comporte plusieurs étapes. Ces étapes concernent l'ensemble des acteurs identifiés et qui ont tous leur propre vision vis-à-vis du produit qu'elle soit une représentation théorique ou physique. Ce qui nous ramène à dire que les acteurs, chacun suivant sa position, détient un niveau de visibilité du produit qui lui est

propre. Le niveau de visibilité pourra être défini comme étant la représentation que l'acteur a vis-à-vis du produit en fonction des perspectives et des actions tracées pour pouvoir améliorer le produit. Le schéma suivant illustre ces propos en identifiant certains acteurs intervenant tout au long du cycle de vie du produit ainsi que certaines représentations utilisées du produit. Du coup, pour maitriser le management du cycle de vie du produit, il est indispensable d'administrer les différentes représentations utilisées par les acteurs.

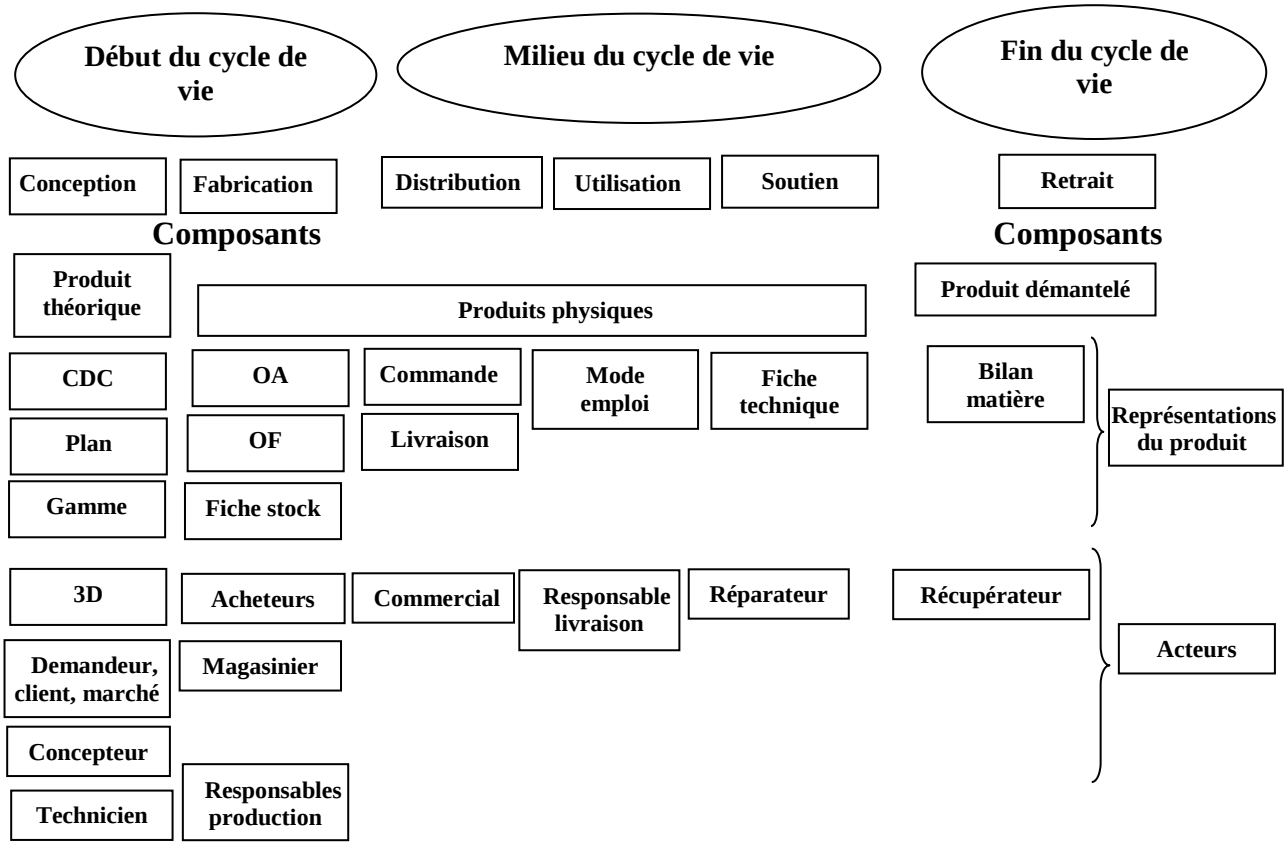


Figure 31: Les représentations du produit ainsi que l'ensemble des intervenants tout au long du cycle de vie du produit

2-3-6 La mission du système PLM

Le cahier de charge (CDC) est considéré comme étant la première étape de représentation du produit. Alors, tout au long du cycle du produit, le CDC sera transformé en un produit physique utilisé, maintenu et recyclé. Ainsi, nous pouvons décomposer la vie du produit en deux grandes parties: une première partie appelée la partie théorique du produit là où le produit est encore impalpable (conception du produit, conception du produit de fabrication, etc). Il y'a lieu de prendre en considération l'ensemble des exigences fournies lors de la représentation d'une étape bien déterminée puisque ces dernières sont utilisées à l'étape suivante comme des données d'entrée ce qui permettra de créer une représentation théorique du produit à un état mature.

Alors, parmi les processus du cycle de vie du produit nous pouvons identifier:

1- Procurer un produit physique répondant aux exigences du client.
2- Analyser les conséquences d'une évolution de la représentation du produit.

3- Garantir une traçabilité tout au long des étapes du cycle de vie du produit.

Il est à remarquer que le système PLM doit être en mesure de procurer une cohérence et une traçabilité entre l'ensemble des représentations du produit. Du coup, il est primordial de produire à chaque acteur une représentation pertinente du produit fondée sur le niveau de visibilité de l'acteur, ces représentations concernent aussi bien le produit théorique que le produit physique.

Après avoir donné un bref aperçu sur la dimension technologique et les outils qui lui sont propres à savoir le PLM. Nous avons voulu intégrer ce genre d'approches au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc. Le chapitre suivant illustre un premier pas vers cette intégration au sein du dit secteur.

III- Présentation de l'étude réalisée au sein du secteur de l'économie sociale et les principaux résultats

1- Présentation de l'Economie Sociale et Solidaire

L'économie sociale et solidaire peut être définie comme étant l'ensemble des initiatives économiques cherchant à produire des biens ou des services à consommer, et à épargner autrement, de manière plus respectueuse de l'homme, de l'environnement et des territoires. Alors, l'économie sociale couvre plusieurs domaines tels que: l'artisanat, l'agriculture, le domaine forestier, les services sociaux, l'éducation, les activités culturelles, etc. Cela pourra être regroupé sous forme de plusieurs structures à savoir: des coopératives, des mutuelles, des associations, des fondations.

- **Coopérative**: Il s'agit d'une entreprise assurant une offre des biens ou des services à l'ensemble de ses membres ainsi qu'à l'ensemble des membres de la société suivant certaines conditions. Ce genre de groupement présente des biens et services marchands tout en associant des membres qui peuvent être soit des membres physiques ou moraux tout en souscrivant leur part du capital. Alors, lorsque le coopérant quitte la coopérative, il récupère sa part financière.
- **Mutuelle:** Il s'agit d'une entreprise pouvant procurer des services à ses membres ainsi qu'aux personnes déclarées à leur charge. A remarquer que l'ensemble des services offerts restent des services non marchands et que l'ensemble des souscripteurs bénéficient de ces services au fur et à mesure de leurs besoins tout en payant des cotisations d'une manière périodique. Il reste à signaler que lorsque la personne engagée quitte la mutuelle; les cotisations payées ne peuvent en aucun cas être rendues.
- **Association:** Il s'agit plutôt d'un groupement de personnes pouvant procurer des services à ses membres ainsi qu'à l'ensemble des personnes de la société. Pour les produits offerts, ils sont en général des produits marchands mais peuvent être des produits non marchands. Concernant les associés, ils peuvent être soit des personnes physiques ou morales qui doivent être prêtes à payer des cotisations et même de chercher des dons en faveur de l'association. Lorsque l'association dégage un surplus, il devra être réinvesti en vue d'assurer la continuité de l'activité sociale.
- **Fondation**: Il s'agit d'un groupement pouvant assurer des services à la communauté toute entière et qui peuvent être des services marchands ou non marchands ayant un

intérêt général à but non lucratif. Elle fonctionne grâce à l'ensemble des revenus que son capital dégage. Du coup, le capital généré assure la continuité de l'action sociale.

Compte tenu de la situation macro-économique actuelle, il est à remarquer que la croissance au sein du pays fait face à certains défis rendant la situation plus compliquée. A remarquer que le pays souffre d'un développement anarchique du secteur informel là où l'avenir, la durée et la stabilité des travailleurs ne sont pas assurés. En plus de cela, l'économie marocaine repose essentiellement sur le secteur agricole qui est conditionné par les aléas climatiques, ce qui pourra affecter la performance de la croissance du Maroc puisque cette dernière reste toujours incertaine. De même, le pays souffre d'une multitude de problèmes au niveau social à savoir: le chômage et plus précisément celui des jeunes. Au niveau de l'éducation, il est remarquable que le taux de scolarisation reste très faible et surtout dans l'enseignement scolaire. Aussi, au niveau de la santé, il est indéniable que le secteur retrouve un manque massif des installations sanitaires avec un accès très inéquitable aux services. D'autre part, le Maroc affronte des défis relatifs à l'inclusion territoriale puisque les zones rurales retrouvent des difficultés d'accès ce qui engendre des problèmes au niveau de la santé, de l'éducation, de l'accès à l'eau potable et à l'électricité.

Alors, l'économie sociale et solidaire s'intervient tout en essayant d'apporter des solutions convenables à ces défis tout en injectant un nouveau souffle afin de pouvoir participer à la relance de l'économie nationale. A vrai dire, les coopératives, les mutuelles, les associations peuvent participer à la résolution d'un certain nombre d'obstacles socio-économiques tout en assurant une incorporation d'un certain nombre de personnes, d'entreprises et de zones géographiques dans l'apport des solutions d'une multitude d'obstacles dans plusieurs domaines et dans différentes régions.

Alors, l'économie sociale et solidaire œuvre pour réconcilier les principes d'équité et de justice sociale avec le développement économique afin de pouvoir réconcilier la vitalité et la dynamique du moteur économique avec les principes humanitaires et les objectifs de développement.

Ainsi, l'économie sociale et solidaire demeure un pilier sur lequel repose une économie équilibrée et intégrée en collaboration avec le secteur public et privé puisqu'il s'agit d'une économie complémentaire et non pas une économie alternative.

A vrai dire, il s'agit d'un secteur assurant une instauration d'un investissement équilibré tout en s'ouvrant sur l'ensemble des couches sociales avec une intégration d'une multitude de secteurs dans son processus ce qui permettra de garantir une équité sociale tout en favorisant la croissance de l'économie nationale.

Tout en s'intéressant à l'économie sociale et solidaire au Maroc, il est à remarquer que ce secteur connait une expansion conséquente puisque le nombre des organismes augmente d'année en année. Alors, D'après l'office de développement de la coopération, en 2019 le nombre de coopératives s'élève à 27260 contre 4827 en 2004. Pour les mutuelles s'était 50 en 2016 contre 12 mutuelles en 2009. Pour les organisations leurs nombres au niveau national est de 120000 en 2016 contre 45000 associations en 2009.

A vrai dire, ce genre de secteurs accorde des offres d'emploi à une multitude de personnes dans la société puisque les coopératives comportent 450000 membres pour 25000 salariés et

les associations contractent 900000 clients avec 60000 salariés avec une création d'un million de petites entreprises tout au long des 10 dernières années.

La figure suivante essaye d'illustrer l'Initiative Nationale du Développement Humain (INDH), l'ensemble des intervenants ainsi que la relation qui lie cette initiative avec le secteur de l'économie sociale et solidaire.

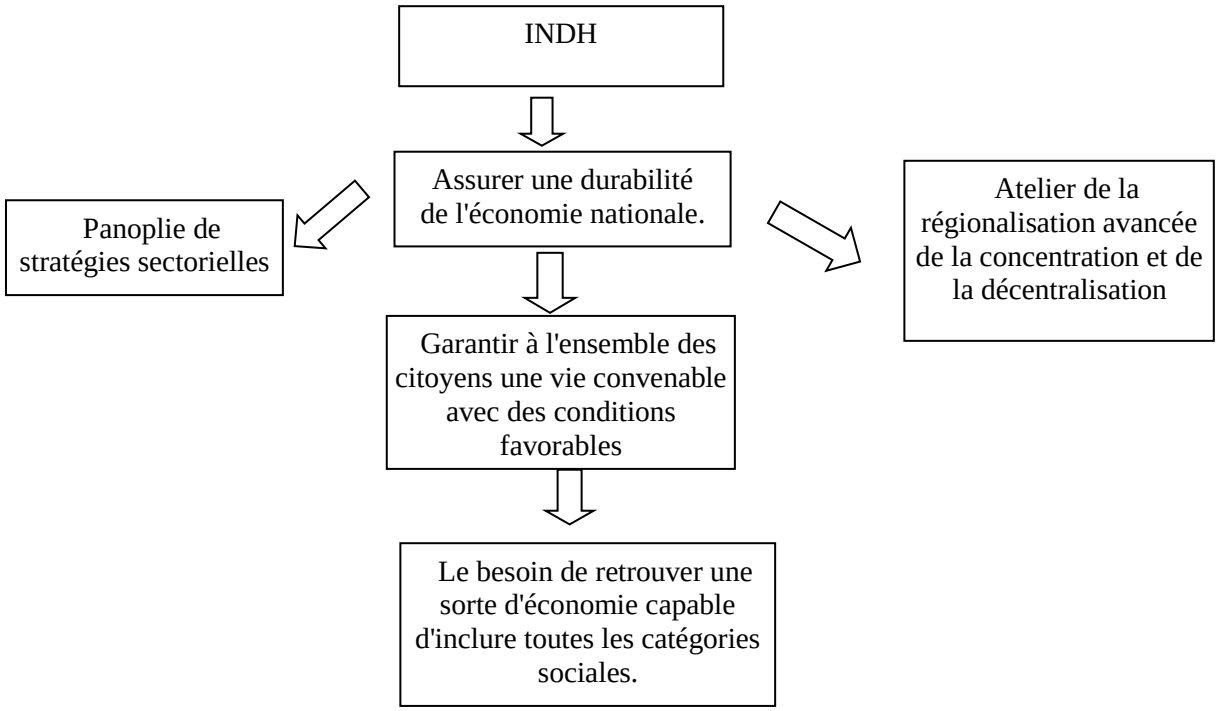


Figure 32: L'INDH et sa relation avec le secteur de l'économie sociale et solidaire

2- Comparaison avec les pays étrangers

A vrai dire, l'économie sociale existe partout dans le monde et participe d'une manière remarquable à la création d'emploi.

- **En France:** D'après les statistiques de l'observatoire national de l'économie sociale et solidaire (ESS) en 2020, l'économie sociale ou l'économie populaire, comme elle est nommée dans l'ensemble des pays francophones, comporte environ 222331 établissements créateurs soit 10,5% de l'ensemble des entreprises employeurs du pays tout en assurant un emploi à environ 2,37 millions de salariés repartis entre associations qui comportent environ 1,7 millions de salariés contre environ 300000 salariés pour les coopératives, pour le reste il est réparti entre les mutuelles et les fondations. A remarquer que l'économie sociale opère dans une multitude de domaines à titre d'exemple ce genre d'économie emploie 73% des salariés de secteur caritatif, 55% des salariés du secteur d'hébergement médico-social, 48% du secteur des arts et spectacles, 46% des salariés du secteur d'assurance, 30% des salariés des services financiers, 21% dans l'enseignement et 15% dans les agences de voyage. Le tableau suivant essaye d'illustrer le nombre de l'emploi Salarié de l'économie sociale et solidaire Dans Les régions françaises.

Tableau 3: Présentation du nombre d'emploi offert par le secteur de l'économie sociale et solidaire par région au niveau de la France en 2020

La région	Nombre de l'emploi Salarié de l'économie sociale et solidaire Dans Les régions françaises
Auvergne- Rhône- Alpes	303950
Bourgogne-Franche-Comté	103817
Bretagne	149897
Centre-Val de Loire	84381
Corse	8308
Grand-Est	199884
Haut de France	209049
Ile-de-France	388678
Normandie	117029
Nouvelle Acquitaine	223230
Occitanie	213902
Pays de la Loire	165413
Provence-Alpes-Cote d'Azur	162876
Guyane	4275
La Reunion	25739
Guadeloupe	12125
Martinque	12248
Mayotte	2613

- **En Belgique:** D'après l'observatoire de l'économie sociale, le secteur joue un rôle très important en Belgique puisqu'il comporte environ 11800 entreprises en 2021 qui fournissent 255000 emplois soit une participation de 12,4% dans la masse salariale. D'autant plus, le troisième système (appellation de l'économie sociale dans les pays de l'UE) assure une contribution de 5% dans le PIB soit une valeur de 15 milliards d'euros.
- **En Brésil:** D'après le forum brésilien de l'économie solidaire et le ministère du travail et de l'emploi au Brésil, le secteur assure un emploi de 11,5% des salariés tout en comportant un chiffre de 14954 d'entreprises sociales. Alors, les coopératives offrent un emploi à environ 182026 salariés avec un nombre de 5762718 membres. A vrai dire, l'économie sociale et solidaire constitue une part de 6% du PIB.

3- le cadre de l'étude

Pour mener à bien notre étude, nous avons organisé une visite au sein de la Délégation Régionale de l'Artisanat et de l'Economie Sociale dans la région de Fès Meknès là où nous avons pu retrouver un certain nombre de responsables et de cadres dans le secteur de l'artisanat. De même, nous avons essayé de contacter une multitude d'artisans afin de pouvoir parler de leurs métiers, ses avantages, ses inconvénients ainsi que les difficultés et risques retrouvés.

Le premier constat fait par le groupe des participants est que le secteur de l'artisanat confronte un certain nombre de problèmes sur le plan technique ainsi que sur le plan organisationnel.

A remarquer que nous avons limité les objectifs de l'étude comme suit:

- Identifier l'ensemble des problèmes et besoins confrontés par l'industrie artisanale au Maroc.
- Identifier les leviers et facteurs influençant l'intégration du PLM au sein de l'industrie artisanale.
- Rédiger un bilan basé sur les résultats retrouvés.
- Identifier la problématique là où la technologie pourra s'intervenir.
- Proposition des solutions (ne sera pas traité pour l'instant mais notre étude pourra constituer un point de départ en vue de la réalisation de cet objectif).

Durant notre réunion, nous avons pu identifier les problèmes et les besoins liés à l'entreprise artisanale ainsi que les leviers pouvant favoriser l'introduction de la technologie.

3-1 Identification des besoins du secteur de l'économie sociale et solidaire

A vrai dire, le secteur de l'artisanat marocain reste le deuxième secteur promoteur d'emplois après l'agriculture. Ses métiers projettent la richesse patrimoniale du pays à savoir: La tradition, les coutumes et l'héritage culturel influencés par l'ensemble des échanges. Pour cela, plus d'une centaine de métiers en liaison double avec l'ensemble des échanges ainsi qu'avec l'économie marocaine ont vu le jour à titre d'exemple: La poterie, le cuir, la tapisserie, le bois, textile, bijoux, métaux, broderie, zellige, dinanderie, etc. Et qui se sont unis sous formes d'entreprises, coopératives, et mono-artisans afin de pouvoir donner une image de marque au pays dans une multitude d'événements à caractère national et international parmi les métiers de l'artisanat nous pouvons citer: Le bois, la poterie, la tapisserie, le cuir, le textile, bijoux et métaux et le zellige.

Une entreprise artisanale éprouve des difficultés à gérer l'ensemble de ses produits. Lors de la première étape d'identification des besoins plusieurs sujets sont ressortis tout au long du cycle de vie du produit artisanal.

- **Environnement**: La production artisanale génère un ensemble de déchets ayant un impact néfaste sur l'environnement que cela soit au niveau de la tannerie, du travail de l'os, des métaux ou de la dinanderie. Alors, la pollution est le principal résultat retrouvé suite aux déchets soit sous la forme de gaz carboniques (atmosphériques), de rejets liquides ou bien de métaux lourds ou sels toxiques.
- **Matières premières et énergie**: La matière première demeure un problème redondant dans l'industrie artisanale dont les causes sont multiples à savoir une insuffisance des moyens techniques de production ainsi que les prix de revient jugés exorbitants.
- **La main d'œuvre**: A remarquer que les artisans travaillent dans des conditions lamentables ce qui pourra se répercuter sur la production des travailleurs car les postes de travail ne permettent pas aux ouvriers d'être à l'aise en effectuant leurs taches suite à l'encombrement et au mauvais aménagement de l'espace.
- **Commercialisation**: A remarquer que l'industrie artisanale doit assurer une propagation plus large de son produit dans le monde entier puisque la participation du secteur au sein des foires et salons reste limitée.
    - ❖ A constater que la plupart des artisans du secteur restent confinés dans des structures familiales ce qui nuit à la propagation de l'art artisanal.

- ❖ Le secteur doit être plus innovant afin qu'il soit plus compétitif au niveau national voire au niveau international.
- ❖ A connaitre que les produits étrangers et plus précisément l'importation des produits chinois nuit à la commercialisation des produits à caractère local puisque le marché national est agressé par l'informel.

Comme nous avons déjà cité précédemment l'industrie artisanale affronte une panoplie de problèmes (environnement, matières premières et énergie, commercialisation, etc) et pour remédier à l'ensemble des défaillances retrouvées l'industrie artisanale est ramenée à exprimer ses besoins.

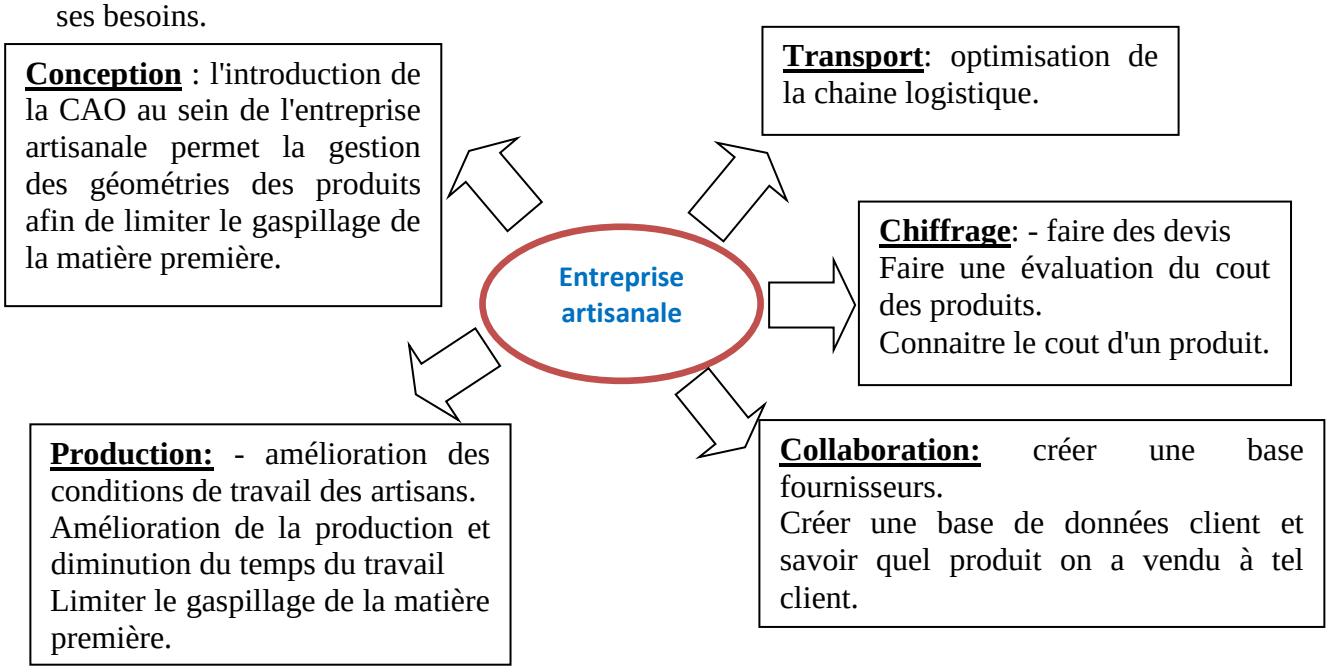


Figure 33: Carte des besoins d'une entreprise artisanale

Alors, comme nous avons déjà cité précédemment l'entreprise artisanale affronte différents problèmes et que l'introduction de la technologie pourra jouer un rôle primordial dans la restructuration du secteur qui devra être pris en charge puisque la technologie va donner un nouveau souffle à l'industrie artisanale tout en permettant une gestion efficace des données à travers l'optimisation de l'utilisation des matières premières. D'autant plus, la technologie pourra assurer une réponse en un temps réel à des commandes importantes parce qu'il est remarquable que l'artisanat est devenu un patrimoine culturel à caractère international ce qui aura des répercussions sur les commandes des produits artisanaux. Aussi, l'implémentation de certaines applications (gestion des données, CAO, etc) aura un impact positif sur la main d'œuvre puisqu'elles vont faciliter la tâche pour les artisans ce qui se répercutera sur les conditions de travail de la main d'œuvre. Aussi, elles vont résoudre une panoplie de problèmes relatifs à la qualité du produit, au respect des délais, à l'optimisation de l'usage de la matière première ainsi qu'à l'organisation du travail au sein de l'entreprise [61][62].

Alors, après cette longue discussion sur l'industrie artisanale nous avons pu identifier les problèmes et leviers liés à l'industrie artisanale. Pour cela, nous avons opté pour la réalisation d'une enquête qui aura pour but d'investiguer l'existence des problèmes cités dans la carte des besoins ainsi que les leviers favorisant l'implémentation d'une solution technologique chez un certain nombre d'interrogés.

3-2 Présentation du cadre général de l'étude

Pour contribuer à l'intégration du PLM dans l'industrie artisanale au Maroc, il fallait tout d'abord analyser la situation actuelle du secteur artisanal au Maroc à savoir les problèmes rencontrés ainsi que les leviers, c'est pour cela nous avons décidé de réaliser une enquête pour pouvoir investiguer l'ensemble des besoins et des leviers poussant les entreprises artisanales à intégrer le PLM tout en se basant sur ce qui a été cité dans le paragraphe précédent. Alors, je me suis basé sur la réalisation d'un certain nombre de questions qui permettent d'identifier les problèmes, les besoins et les leviers ainsi que la position des entreprises vis-à-vis de la technologie (voir annexe 2).

Lors de notre étude nous avons essayé de contacter le maximum d'entreprises, mais malheureusement nous avions eu des réponses que de 132 entreprises. Aussi, nous avons essayé de diversifier les secteurs d'activités des entreprises pour pouvoir toucher les points étudiés dans une multitude de secteurs (voir annexe 3).

Le tableau en annexe 3 rassemble toutes les 132 entreprises artisanales interrogées qui ont participé à notre étude afin de contribuer à l'intégration du PLM en industrie artisanale marocaine.

Il est à remarquer que la distribution des entreprises interrogées se présente par nature et par secteur d'activité comme suit :

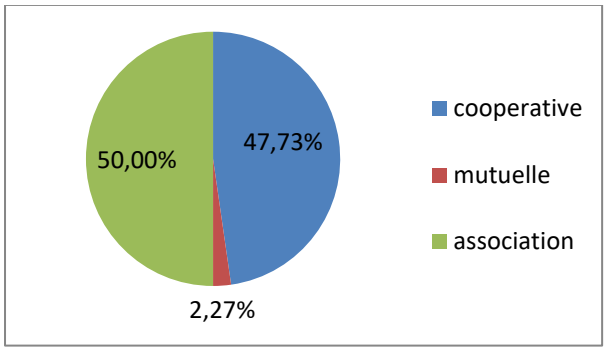


Figure 34: La nature des entreprises interrogées

Cette enquête a été réalisée auprès de 132 entreprises relevant du secteur de l'économie sociale à savoir 63 coopératives, 66 associations et 3 mutuelles.

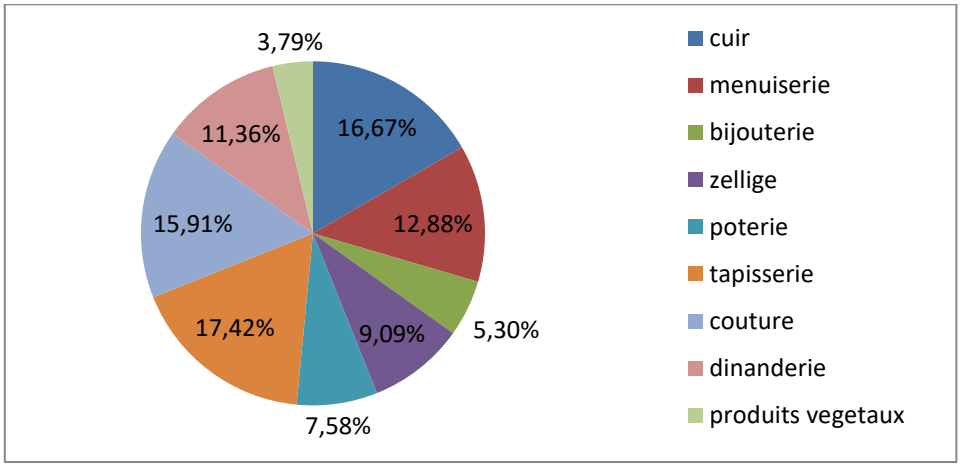


Figure 35: Répartition des entreprises selon le secteur d'activité

Les entreprises interrogées sont issues de différents secteurs à remarquer que 16.67% travaillent dans le secteur du cuir, 12,88% dans le secteur du bois et de la menuiserie, 5,3% produisent dans le secteur de bijouterie et de joaillerie, 9,09% travaillent dans le secteur du zellige, 7,58% dans le secteur de la poterie, 17,42% dans le secteur des tissus traditionnels et de la tapisserie, 15,91% dans le secteur de la couture et de la broderie, 11,36% dans le secteur de la dinanderie du métal et du cuivre et 3,79% assurent un travail dans le secteur des produits végétaux.

IV- Résultats et discussion

1- Description des problèmes déclarés par les entreprises

L'étude que nous avons menée et qui a fait l'objet d'un article publié dans le journal MSPE: (Management Systems in Production Engineering) et d'une communication au sein de la CPI 2022 a montré que les entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc confrontent un certain nombre de problèmes comme c'est montré dans la figure suivante [61][62]:

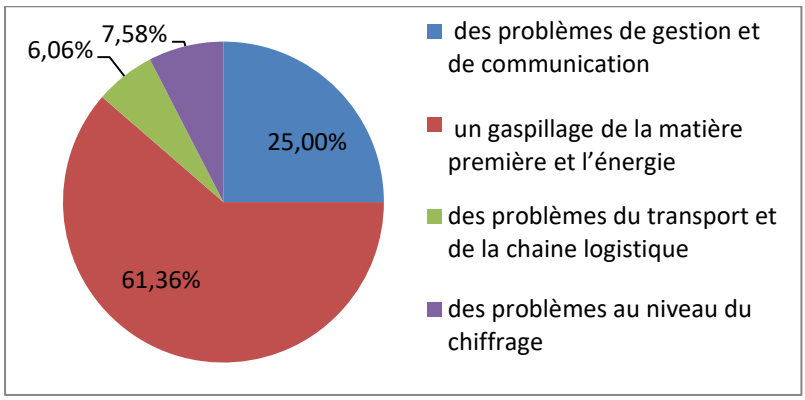


Figure 36: Les problèmes rencontrés dans une entreprise artisanale

Il est à remarquer que les entreprises interrogées ont soulevé certains problèmes à savoir: 25% des entreprises ont des problèmes de gestion et de communication, 61,36% ont des problèmes relatifs au gaspillage de la matière première, 6.06% retrouvent des problèmes de transport et de la chaine logistique et 7,58% confrontent des problèmes de chiffrage [61][62].

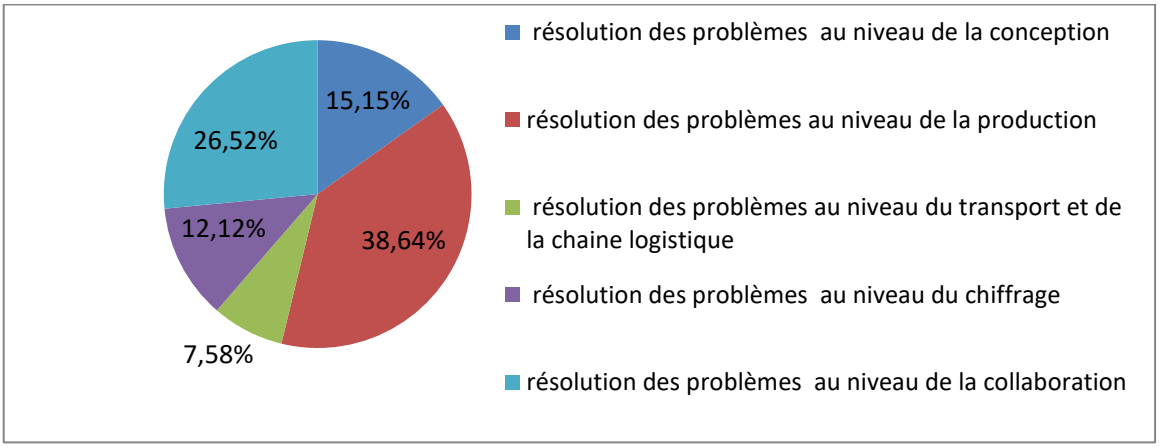


Figure 37: La nature des problèmes qui peuvent être résolus par une approche de gestion du cycle de vie du produit

Alors, 15,15% des entreprises interrogées estiment qu'une démarche technologique de gestion du cycle de vie du produit peut résoudre des problèmes au niveau de la conception, 38,64% considèrent que la technologie assurera une résolution des problèmes au niveau de la production, 7,58% voient que la technologie peut opter au niveau de la résolution des problèmes relatifs à la chaine logistique, 12,12% jugent que la technologie assure une résolution des problèmes au niveau du chiffrage et 26,52% au niveau de la collaboration [61][62].

2- Les leviers et bénéfices

L'étude que nous avons menée auprès des entreprises marocaines, a montré, en manière générale (d'après les déclarations des responsables interrogés), que c'est la perspective de bénéfices à réaliser qui constitue pour les entreprises l'incitation majeure pour intégrer une approche technologique. Le problème réside alors dans la capacité d'identification de ces opportunités. La figure suivante montre les facteurs externes poussant les entreprises à intégrer ce genre d'approches [61][62].

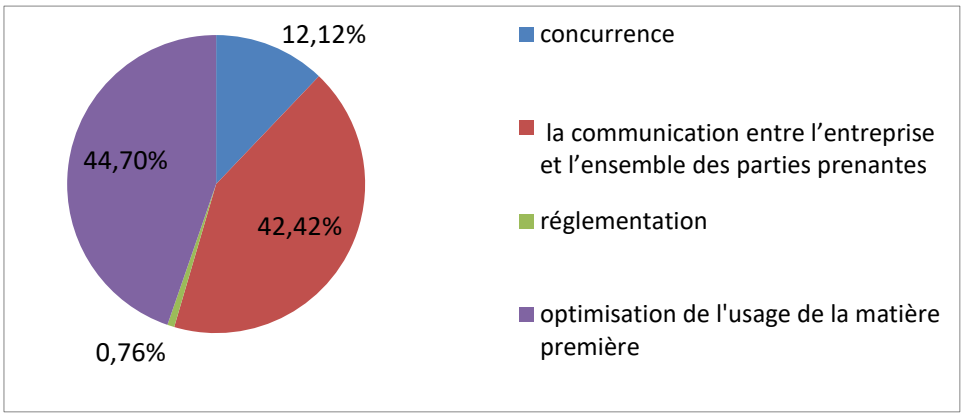


Figure 38: Le facteur externe poussant l'entreprise à intégrer une approche technologique.

Il est à remarquer que 12,12% des entreprises interrogées voient que la concurrence est le facteur externe qui peut pousser vers l'intégration d'une approche technologique dans l'entreprise, 42,42% préfèrent le facteur relatif à la communication entre l'entreprise et l'ensemble des parties prenantes 0,76% ont opté pour la réglementation et 44,7% ont une préférence pour le facteur relatif à l'optimisation de l'usage de la matière première [61][62].

De même, la figure suivante représente les facteurs internes poussant les entreprises à intégrer une approche technologique.

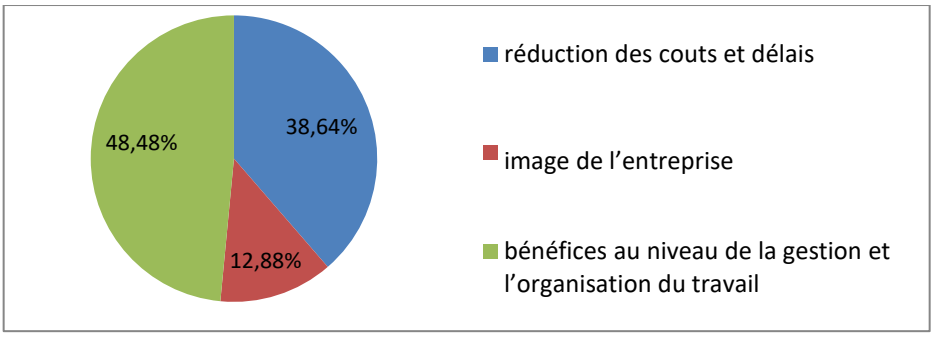


Figure 39: Le facteur interne poussant l'entreprise à intégrer une approche technologique

Concernant le facteur interne qui peut mener vers l'intégration de la technologie, nous remarquons que 38.64% ont une préférence pour la réduction des couts et délais, 12,88% comptent sur le facteur relatif à l'image de l'entreprise et 48,48% ont opté pour le facteur relatif aux bénéfices au niveau de la gestion et l'organisation du travail [61][62].

D'autant plus, la figure suivante représente les bénéfices liés à l'intégration d'une approche de gestion du cycle de vie du produit.

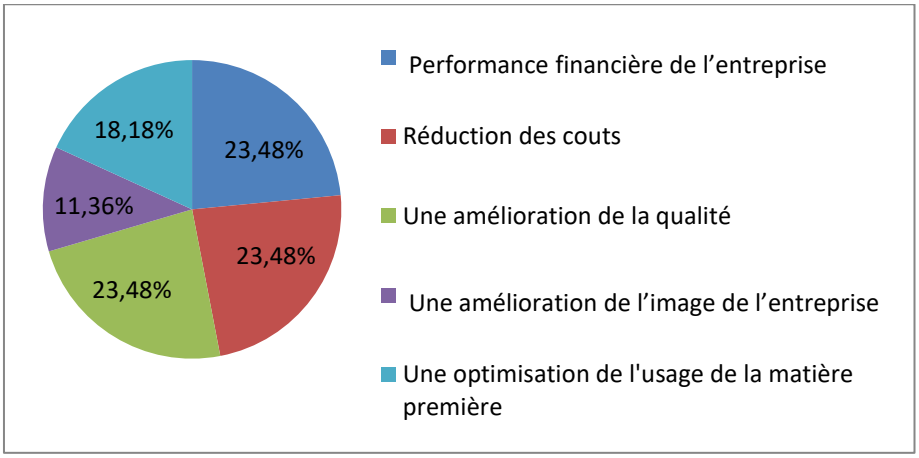


Figure 40: Bénéfices liés à l'intégration d'une approche de gestion du cycle de vie du produit au sein d'une entreprise

Compte tenu des bénéfices pouvant mener vers l'intégration de la technologie, nous constatons que 23,48% des entreprises interrogées ont une préférence pour la performance financière, 23,48% comptent sur le facteur relatif à la réduction des couts et 23,48% ont opté pour le facteur relatif à l'amélioration de la qualité, 11,36% préfèrent l'amélioration de l'image de l'entreprise et 18,18% ont opté pour l'optimisation de l'usage de la matière première [61][62].

3- Le test d'indépendance de khi deux

Pour pouvoir étudier et analyser les réponses des entreprises interrogées, il est essentiel de voir est ce que la nature de l'entreprise c.à.d. (coopérative, mutuelle ou organisation) ainsi que les secteurs d'activité vont influer sur les problèmes retrouvés par l'entreprise (énergie et matière première, communication, chiffrage, chaine logistique). Pour cela, nous avons jugé

nécessaire de réaliser un test de khi deux qui se base sur la présentation des tableaux croisés dynamiques (des tableaux de contingence): Un premier tableau qui croise la nature de l'entreprise et les problèmes que l'entreprise confronte et un deuxième tableau qui croise le secteur d'activité de l'entreprise et les problèmes retrouvés par cette dernière.

Alors le test réalisé suit les étapes suivantes:

- Poser l'hypothèse à tester: Nous essayons de tester l'hypothèse suivante: "les deux variables qui sont la nature de l'entreprise et les problèmes retrouvés par cette dernière sont indépendants".
- La réalisation d'un tableau de contingence là où nous allons croiser l'ensemble des modalités prises par les deux variables.
- Calcul du critère du test khi deux observé.
- Détermination du degré de signification et interprétation des résultats.

Alors, pour le croisement des modalités des deux variables (la nature de l'entreprise et les problèmes retrouvés) nous retrouvons le tableau suivant [61][62].

Tableau 4: Croisement des deux variables le types des entreprises interrogées et les problèmes rencontrés par l'entreprise

	problèmes au niveau du chiffrage	problèmes de gestion et de communication	problèmes du transport et de la chaine logistique	gaspillage de la matière première et l'énergie	Total
association	6	18	4	38	66
coopérative	4	12	4	43	63
mutuelle	0	3	0	0	3
Total	10	33	8	81	132

D'après le croisement des deux modalités, nous remarquons que les associations et les coopératives confrontent des problèmes de gaspillage de la matière première avec un total de 38 et de 43 respectivement sur 132 observations suivis des problèmes de gestion et de communication avec un total de 18 associations et de 12 coopératives sur 132 observations [61][62].

Pour mieux appréhender cela nous avons jugé nécessaire de faire un test de khi deux pour savoir est ce que les problèmes retrouvés dépendent de la nature de l'entreprise.

Après la réalisation du tableau croisé dynamique, nous passons vers le calcul du critère du test khi deux qui consiste en l'application de la formule suivante: $\chi 2 = \sum_{j=1}^{L} \sum_{i=1}^{K} \frac{(nij - Tii)^2}{Tij}$ permettant de mesurer l'écart entre les effectifs théoriques et les effectifs observés.

K: Le total des types d'entreprises = 3

L: Le total des problèmes confrontés par les entreprises = 4

Tij: Cela représente les effectifs théoriques que l'on aurait si les deux variables (le type d'entreprise ainsi que les problèmes retrouvés par l'entreprise) étaient indépendants c.à.d. si les lignes et les colonnes du tableau étaient proportionnelles.

Pour les nij, ils représentent les effectifs observés que nous avons retrouvés dans le tableau précédent.
Pour le calcul des effectifs théoriques Tij nous retrouvons:
Tij=total de la ligne (i)* total de la ligne (j)/nombre total des observations (132)
Pour le calcul de la première valeur nous retrouvons:
T11=66*10/132=5
Tout calcul fait, nous retrouvons le tableau suivant:

Tableau 5: Calcul des effectifs théoriques Tij

	des problèmes au niveau du chiffrage	des problèmes de gestion et de communication	des problèmes du transport et de la chaine logistique	un gaspillage de la matière première et l'énergie	total
Association	5	16,5	4	40,5	66
Coopérative	4,772727273	15,75	3,818181818	38,65909091	63
Mutuelle	0,227272727	0,75	0,181818182	1,840909091	3
Total	10	33	8	81	132

Après cela, nous pouvons appliquer la formule citée précédemment nous retrouvons une statistique: $\chi 2 = 11{,}005$.

De même, nous pouvons utiliser le logiciel SPSS pour faire ce test statistique nous retrouvons le tableau suivant:

Tableau 6: **Test du Khi-deux**

	Valeur	Degré de liberté	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	11,005	6	0,088
Nombre d'observations valides	132		

D'après les résultats retrouvés nous pouvons dire que lorsque le type de l'entreprise et les problèmes retrouvés sont indépendants, la probabilité d'observer un écart entre les effectifs réellement constatés et les effectifs théoriques [dans le cas d'indépendance] de 11,005 dans un échantillon est égale à 0,088 [61][62].

Puisque la probabilité est supérieure à 0,05, nous concluons que la relation n'est pas significative statistiquement. D'après les réponses signalées par les entreprises interrogées, nous déduisons que les problèmes retrouvés par l'entreprise ne dépendent pas de la nature de cette dernière. Alors, nous pouvons étudier n'importe quel problème retrouvé dans une entreprise artisanale sans prendre en considération sa nature par exemple nous pouvons dire que l'étude du gaspillage de la matière première ne va pas dépendre de la nature de l'entreprise (que cela soit une coopérative, une mutuelle ou une association nous retrouvons la même chose) [61][62].

De même, nous pouvons tester est ce que les problèmes déclarés par les entreprises dépendent du secteur d'activité. Pour cela, nous allons utiliser le test de khi deux tout en

croisant les deux modalités citées précédemment nous retrouvons les résultats suivants [61][62].

Tableau 7: Croisement des deux variables le secteur d'activité des entreprises interrogées et les problèmes rencontrés par l'entreprise

	problèmes au niveau du chiffrage	problèmes de gestion et de communication	problèmes du transport et de la chaine logistique	gaspillage de la matière première et l'énergie	Total
bijouterie	0	3	0	4	7
couture	1	6	1	13	21
cuir	1	6	2	13	22
dinanderie	3	4	1	7	15
menuiserie	2	4	1	10	17
poterie	0	3	0	7	10
produits végétaux	0	1	0	4	5
Tapisserie	2	5	3	13	23
zellige	1	1	0	10	12
Total	10	33	8	81	132

Nous remarquons que le nombre d'entreprises qui ont déclaré avoir des problèmes au niveau du gaspillage de la matière première et de l'énergie demeure le plus élevé soit 81 entreprises parmi 132 et que les secteurs qui ont un total élevé vis-à-vis de ce problème sont les secteurs de cuir, de zellige de la menuiserie et de la couture. Cela pourra être expliqué par le fait que les secteurs d'activité, qui leur travail quotidien demande une découpe de la matière première, retrouvent des problèmes de gaspillage de cette dernière.

De même, nous remarquons que les entreprises qui ont déclaré un problème de gestion et de communication se retrouvent en deuxième position avec un total de 33 sur 132. Ce genre de problèmes se retrouve dans l'ensemble des secteurs artisanaux. Cela pourra être expliqué par le fait que le secteur d'artisanat devra sortir de son cadre routinier, cloitré et résistant au changement vers un cadre communicatif, collaboratif et ouvert.

Pour savoir est ce que les problèmes déclarés par les entreprises interrogées dépendent de leurs secteurs d'activité, nous avons utilisé un test de khi deux sous SPSS les résultats se retrouvent dans le tableau suivant:

Tableau 8: Test du Khi-deux

	Valeur	Degré de liberté	Signification asymptotique (bilatérale)
Khi-deux de Pearson	14,643	24	0,931
Nombre d'observations valides	132		

D'après les résultats retrouvés, nous pouvons dire que lorsque le secteur d'activité et les problèmes retrouvés sont indépendants la probabilité d'observer un écart entre les effectifs

réellement constatés et les effectifs théoriques [dans le cas d'indépendance] de 14,643 dans un échantillon est égale à 0,931 [61][62].

Puisque la probabilité est supérieure à 0,05, nous concluons que la relation n'est pas significative statistiquement. Donc, d'après les réponses signalées par les interrogés, nous déduisons que les problèmes retrouvés par l'entreprise ne dépendent pas du secteur d'activité. Alors, nous pouvons étudier n'importe quel problème retrouvé dans une entreprise artisanale sans prendre en considération le secteur d'activité puisqu'il n'aura pas un effet sur le problème étudié.

Il est à remarquer que notre étude a montré l'existence d'un certain nombre de problèmes au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc et plus précisément des problèmes liés au gaspillage de la matière première et des problèmes relatifs à la collaboration et à l'organisation du secteur. Pour cela, l'intervention d'une démarche à la fois stratégique, organisationnelle et technique (PLM) s'avère nécessaire.

- Stratégique: En caractérisant le produit artisanal comme étant la seule source permettant à l'entreprise artisanale de dégager une valeur ajoutée.
- Organisationnelle: En introduisant la notion de la collaboration et du partage entre l'entreprise et l'ensemble de ses acteurs.
- Technique: A travers l'introduction d'une multitude de solutions informatiques.

De même, nous avons montré à travers le test de khi deux que les problèmes soulevés par les entreprises interrogées demeurent indépendants de la nature de l'entreprise ainsi que du secteur d'activité. Ce qui prouve que l'implémentation d'une solution assurant la résolution des problèmes soulevés à savoir le PLM pourra être faite sans prendre en considération le secteur d'activité ni la nature de l'entreprise c'est-à-dire que le fait d'implémenter le PLM soit dans une coopérative ou une association relevant du secteur soit du cuir, du zellige ou du bois va aboutir au mêmes résultats puisque ces derniers n'auront pas un effet sur les problèmes étudiés.

V- Besoin d'intégrer le PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc

1- Le gaspillage de la matière première: Un problème ou le PLM pourra s'intervenir

Il est à prendre en considération que le problème de gaspillage de la matière première demeure un problème redondant au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc et pour pouvoir le résoudre il est essentiel de faire intervenir un ensemble d'outils, de méthodes, de stratégies et d'approches pouvant résoudre ce problème. Parmi ces stratégies on peut citer le PLM. A vrai dire, le problème de gaspillage de la matière première touche une panoplie de secteurs, aussi il a été étudié par un ensemble d'auteurs.

A remarquer que les auteurs, S.O. Ajayi et al., (2008) présument que l'industrie relative à la construction et au bâtiment demeure le premier créateur de déchets puisqu'elle consomme une partie importante de la matière première et des matériaux issus de la nature. Aussi, les auteurs essayent d'introduire un ensemble de méthodes qualitatives et quantitatives afin de minimiser les déchets générés tout en se référant à un ensemble d'études sur terrain et

d'enquêtes par questionnaire distribuées sur un ensemble d'entreprises pour collecter des données qui doivent être classées afin de pouvoir entretenir un ensemble de mesures de gestion pour réduire les déchets générés [63].

D'autant plus, les entreprises doivent savoir comment optimiser l'usage de l'ensemble des ressources tout en essayant de se focaliser sur l'instauration d'une approche technologique tout en minimisant l'impact environnemental. A vrai dire, il est essentiel de penser à introduire et définir une stratégie permettant de maintenir une durabilité à long terme pour l'ensemble des activités de l'entreprise. Alors, la minimisation du gaspillage de la matière première est tributaire de la mise en place d'une entreprise verte ou écologique dans la conception du produit, la fabrication, la production ainsi que dans la fin du cycle de vie, ce qui signifie que les entreprises futures doivent baser leurs stratégies sur une gestion du cycle de vie des produits (PLM) verte.

2- Exemple de gaspillage de la matière première au niveau de la tannerie

Les industries de cuir ont été toujours marquées par des environnements odoriférants ainsi que par la génération d'une quantité importante des déchets organiques extrêmement décomposables [64].

Il est à remarquer que les déchets générés découlent de l'usage des peaux d'animaux et de dépendance de divers produits chimiques notamment des colorants, des sels, des huiles, des biocides, des enzymes, des sulfates et des solvants de finition utilisés dans les procédés de fabrication [65]. Alors, d'après Muthukkauppan et Parthiban (2018), seul un faible pourcentage de ces produits environ 20% est retenu dans la production des cuirs, la quantité restante est retrouvée sous forme de déchets et sort avec les eaux usées [64]. D'autant plus, le chrome utilisé dans les tanneries industrielles se retrouve aussi sous forme de déchets avec un pourcentage d'environ 60%, ce dernier est reconnu dans les eaux usées sous différentes formes à savoir le Chrome VI (Chrome hexavalent) qui est très toxique et nuit aux ressources naturelles [66].

Aussi, les eaux usées dégagées par les tanneries se caractérisent par une importante coloration ainsi que par l'existence d'un amalgame de particules, de composants organiques, de métaux lourds ainsi que par des odeurs toxiques pouvant causer des maladies respiratoires chroniques [65]. De ce fait, les eaux usées des tanneries sont classées parmi les eaux usées industrielles les plus toxiques [67].

A vrai dire, nous pouvons classer la pollution générée par la plupart des tanneries comme suit:

- **La pollution organique**

La pollution organique est de deux types:

- ❖ Naturelle: Contenue dans les peaux brutes travaillées.
- ❖ Chimique: Ajoutée durant le processus de production.

Les substances les plus représentatives sont:

- Graisses: Provenant de la peau.
- Huiles: Utilisées pour la nourriture des cuirs.
- Protéines: En provenance de la peau.
- Phénols: Provenant des tanins végétaux.
- Matériaux en suspension: Peau et substances colorantes.

- **La pollution toxique:**

La pollution toxique se produit par les rejets de solutions et suspensions contenant le sulfure utilisé pour l'épilage et l'acide sulfurique pour le blanchiment des cuirs.

- **Les déchets solides:**

Les déchets solides dépendent de la matière première et du cuir désiré: Les cornes, les poils, les matières semi-solides entraînées par les eaux utilisées lors du procédé et qui sont surtout des poils hydrolysés et des graisses flottantes.

- **La pollution atmosphérique:**

La pollution atmosphérique due à l'activité du tannage du cuir réside dans:

- les matériaux biologiques en décomposition, générés par les eaux résiduaires et les déchets solides entraînant des émissions gazeuses.
- les gaz générés au cours des différentes opérations de tannage, à savoir:
  - ✓ émissions de sulfure.
  - ✓ jus de décalcification et de décomposition des protéines.
  - ✓ odeurs nauséabondes causées par les fientes de pigeons et la fermentation du son de blé.



Figure 41: Illustration des déchets générés lors du travail au sein de la tannerie

3- Quelques recommandations en matière du PLM

Le secteur de cuir confronte une multitude de problèmes parmi eux nous citons le gaspillage de la matière première. Pour cela, il est essentiel de veiller à la résolution de ce genre de problèmes tout au long du cycle de vie de la production du cuir. Pour cela, nous présentons dans la suite quelques recommandations durant les trois phases du cycle de vie du

cuir à savoir la phase d'approvisionnement, la phase de production et la phase de commercialisation.

- **Phase amont : Approvisionnement**

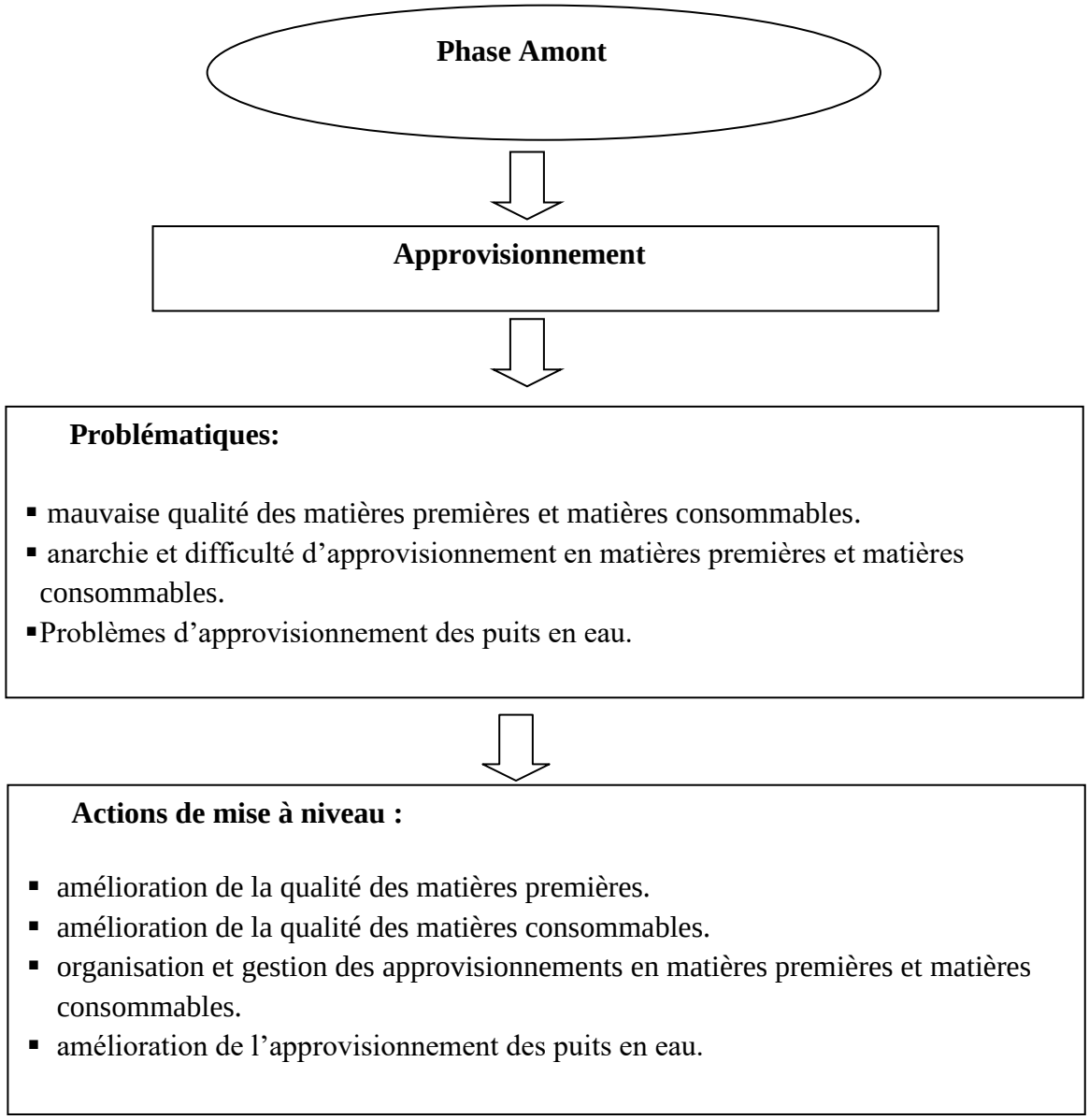


Figure 42 : Mise à niveau de l'approvisionnement

A vrai dire, l'amelioration de la qualité des matières premières ne depend pas uniquement des conditions de l'elevage et de l'abattage, mais aussi du processus de production qui devra etre structuré d'une manière opitimale, ce qui pourra participer dans l'optimisation de l'usage des matières premières et des matières consommables afin de pouvoir limiter la pollution engendrée lors de la fabrication du cuir.

- **Phase Centre : Production**

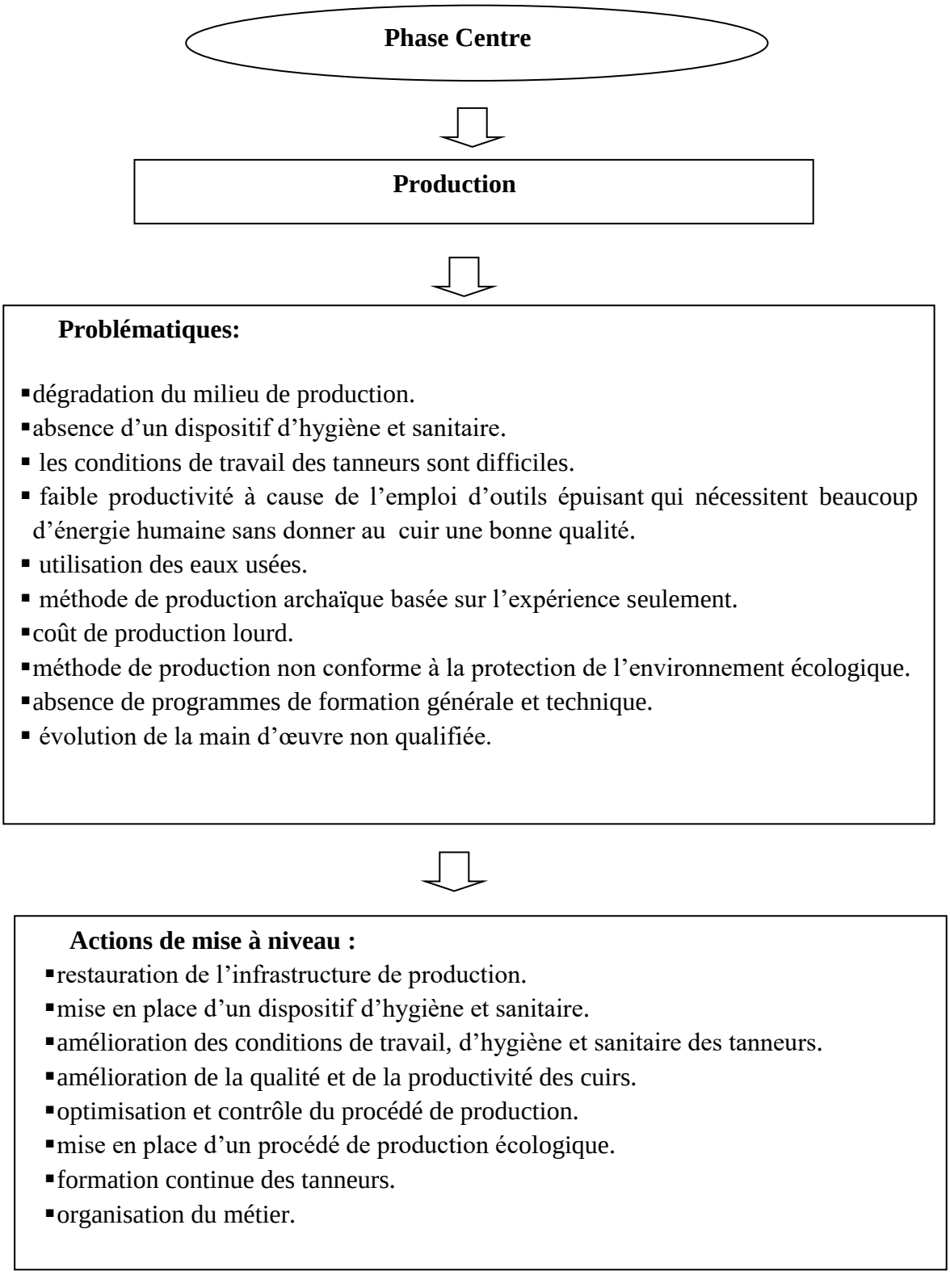


Figure 43: Mise à niveau de la production

A vrai dire, la phase de production nécessite un ensemble de mesures à prendre en considération en vue d'assurer une amélioration du secteur. Parmi ces mesures, nous citons:

- **L'Optimisation et contrôle du procédé de production**

Cela pourra se faire à travers un ensemble d'actions à entreprendre à savoir:

- ❖ sensibiliser les tanneurs sur l'influence négative des eaux usées sur la qualité du cuir.
- ❖ sensibiliser les tanneurs sur l'importance du pesage des peaux au départ pour déterminer la quantité de produits nécessaires et minimiser par la suite le coût de la production.
- ❖ rationaliser les procédés de production pour chaque type de cuir fabriqué.
- ❖ mise en place d'un laboratoire de cuir à Fès (puisqu'elle comporte un nombre important de tanneries) pour pouvoir effectuer tous les contrôles nécessaires.
- ❖ mettre à la disposition des tanneries traditionnelles un personnel et une équipe spécialisés en tannage pour examiner les éléments constitutifs de la structure des coûts et veiller au bon déroulement des procédés.

A vrai dire, la réalisation de la plupart de ces objectifs reste tributaire de l'instauration d'une approche technologique et organisationnelle permettant de prendre en charge l'optimisation et le contrôle du procédé de production afin de pouvoir rationnaliser l'usage de la matière première pour chaque type du cuir fabriqué et par la suite minimiser le cout de production et améliorer la marge bénéficiaire de l'entreprise.

- **Mise en place d'un procédé de production écologique**

Pour réduire la charge polluante générée par le tannage, il faut, avant tout, agir sur le processus de production. Les recommandations suivantes permettront de sensibiliser les décideurs sur la nécessité d'une mise en œuvre d'un procédé de production écologique.

Par ailleurs, il faut réduire la quantité des eaux résiduaires dans la tannerie en vue de réduire autant que possible leurs charges en effluents. Un système d'évacuation des eaux usées devra être mis en place afin de pouvoir limiter la pollution générée.

Aussi, le nettoyage régulier des tanneries et la mise en place des conteneurs pour le ramassage des déchets solides pourra contribuer à la réduction des mauvaises odeurs.

D'autant plus, l'instauration d'une approche PLM verte va permettre d'acquérir une vision durable de la gestion du cycle de vie des produits considérée comme un enjeu clé pour les entreprises manufacturières de la prochaine génération. A considérer que cette stratégie aidera à attirer les entreprises vers une nouvelle perspective qui établira les liens entre les activités de développement de produits et clarifiera toutes les exigences nécessaires pour parvenir à une production durable.

De même, l'entreprise future doit avoir une stratégie de gestion du cycle de vie des produits

verts partageant les responsabilités au sein de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement qui doit être réalisée par des personnes engagées.

- **Formation des tanneurs**

Les tanneurs traditionnels quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent (maîtres-artisans, artisans et apprentis) affichent une grande volonté et un grand désir pour la formation qui s'avère indispensable et d'une grande utilité pour eux. Cette formation doit tenir compte de leur niveau scolaire, de leur âge, de leur place dans la hiérarchie du métier et surtout de leurs compétences.

Par ailleurs, dans le but de promouvoir le métier de tanneur, il faut prévoir également une formation au profit des membres de l'association des tanneurs et ce dans les domaines suivants:

- ❖ la loi des associations et la rédaction des statuts.
- ❖ la gestion des associations.
- ❖ la déontologie associative.
- ❖ la communication et la dynamique du groupe.
- ❖ la recherche de financement.
- ❖ la comptabilité associative.
- ❖ la gestion des ressources financières.

A signaler que la formation des tanneurs doit prendre en considération la sensibilisation de ces derniers vis-à-vis de l'acceptation des outils technologiques ainsi que la présentation de l'ensemble des bénéfices relatifs à l'instauration de ces outils à savoir le PLM. De même, la formation doit prendre en charge le volet technique de l'instauration du PLM.

- **L'organisation du métier**

Il est à prendre en considération que l'organisation du métier demeure une nécessité incontournable au sein du secteur. A remarquer que le département de l'artisanat doit élaborer un ensemble de projets et de stratégies ayant pour but de remédier aux défaillances du secteur. Ses dispositions s'articulent autour des grands axes suivants:

- ❖ la définition de l'artisan et des activités artisanales.
- ❖ la création d'une commission de qualification, sa composition, ses attributions et son fonctionnement ;
- ❖ la création d'un registre de l'artisanat et des métiers dans lequel seront immatriculés les maitres-artisans, artisans, et entreprises artisanales.

A vrai dire, l'instauration du PLM pourra participer d'une manière très forte dans la réalisation de ces objectifs puisqu'il va permettre d'instaurer une hiérarchie au sein de l'industrie du cuir ainsi que l'organisation de l'ensemble des taches effectuées par les artisans

tout au long du cycle de vie de la fabrication du cuir.

Phase avale: Commercialisation

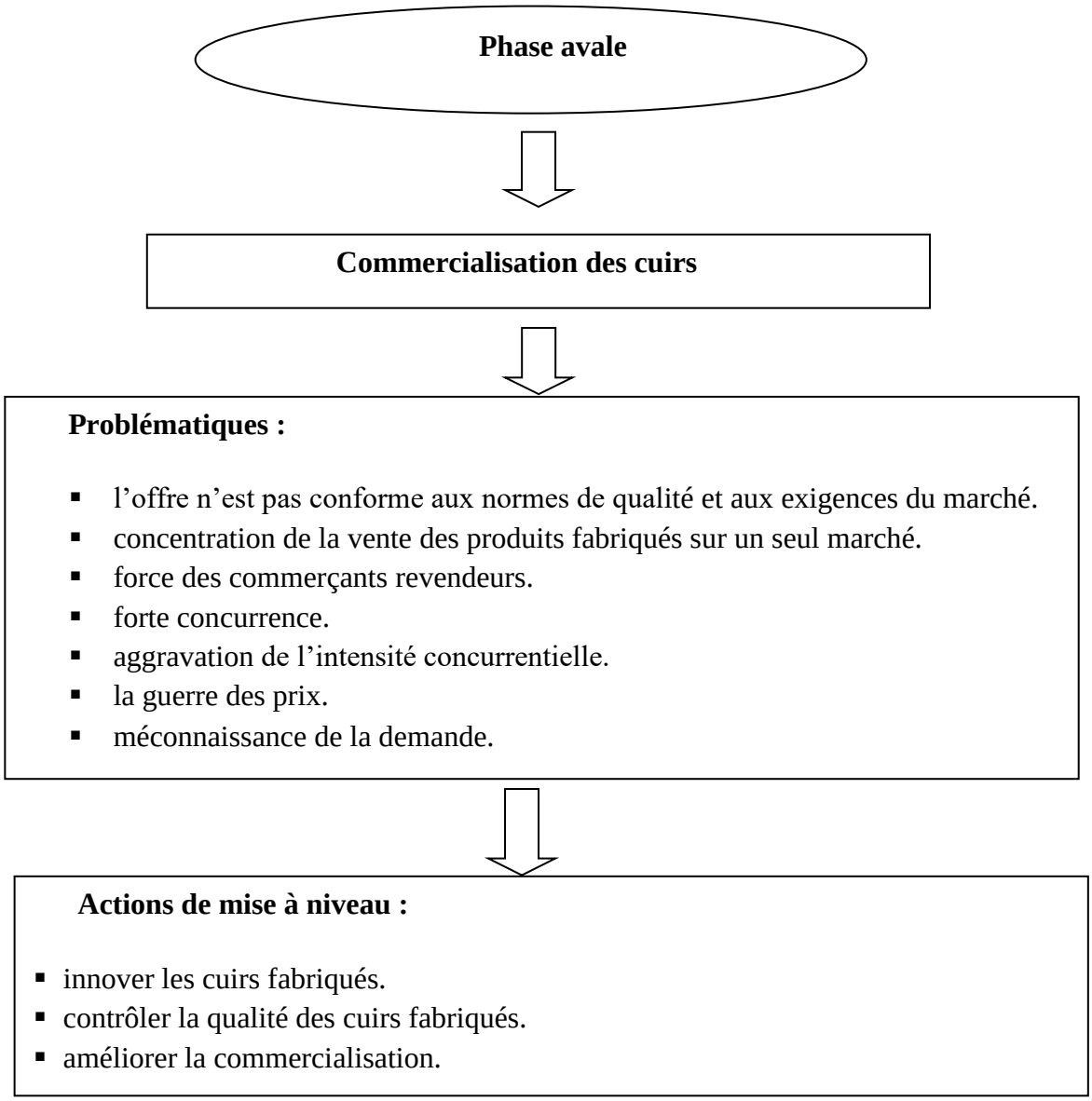


Figure 44: Mise à niveau de la commercialisation des cuirs

- **Innover le cuir fabriqué**

L'innovation aussi bien au niveau des matières premières utilisées que des produits finis est un atout majeur pour répondre aux exigences du marché et faciliter l'écoulement des cuirs et les produits en cuir.

Parmi les produits qui peuvent être introduits, nous pouvons citer:

- ❖ Cuirs fourrures : Fabriqués à partir des peaux de lapins, de chèvres, de moutons et

de toutes les peaux de la petite sauvagine.

- ❖ Cuirs pour ameublement : Fabriqués à base de peaux de bovins à grande surface.
- ❖ Cuirs techniques : A titre d'exemple nous citons les peaux chamoisées qui font l'objet d'un tannage aux huiles.

Il convient de signaler qu'à l'issue d'une discussion avec les tanneurs de Chouara à Fès sur ce sujet, ceux-ci ont manifesté une grande satisfaction et sont prêts à s'innover si une formation continue en la matière leur est dispensée.

- **Améliorer la commercialisation des cuirs issus de la tannerie**

L'amélioration de la commercialisation pourra être obtenue à travers:

- ❖ la valorisation des cuirs de tannage traditionnel.
- ❖ la production des cuirs conformes aux normes internationales de compétitivité.
- ❖ la mise en place d'une coopérative pour la commercialisation des cuirs et des produits en cuir adoptant la technologie de l'information et de la communication.
- ❖ l'organisation et la gestion des souks de vente des cuirs et la vente des produits fabriqués dans d'autres espaces (par exemple pour la ville de Fès les fondouks de la médina).
- ❖ la recherche d'un ensemble de partenaires étrangers sur lesquels la démarche marketing pourra s'appuyer.
- ❖ la promotion et la coordination des tanneurs avec les différents intervenants du secteur cuir au niveau local et national (maroquiniers, babouchiers, relieurs, etc.).
- ❖ la rationalisation des prix des cuirs par type et qualité afin d'assurer le succès des opérations commerciales.
- ❖ l'élaboration des stratégies efficaces de pénétration du marché aux niveaux régional, national et international.
- ❖ l'organisation des forums sur le tannage végétal.
- ❖ la participation des tanneurs de la région des Fès Meknès aux différentes foires afin de multiplier les occasions commerciales.

Le gaspillage de la matière première demeure une problématique redondante au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire. Pour cela, nous avons essayé de mieux détailler cette problématique dans cette partie tout en donnant un exemple du secteur du cuir.

A vrai dire, le secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc et plus particulièrement le secteur du cuir confronte un ensemble de problèmes retrouvés tout au long du cycle de vie du produit. Pour cela, il est essentiel d'instaurer une approche efficace permettant la gestion du cycle de vie du produit tout au long de sa chaine de valeur.

VI- Conclusion

L'objectif de nos recherches est l'intégration du PLM au sein des petites structures et plus précisément au sein des entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc. C'est pourquoi nous avons mené une enquête au sein du dit secteur afin de limiter un certain nombre de problèmes rencontrés, principalement les problèmes de gestion et de communication et le gaspillage de matières premières. Aussi, nous avons pu identifier les leviers et bénéfices poussant l'entreprise à intégrer une approche technologique dans son processus de travail pour terminer par une analyse des résultats retrouvés qui a confirmé que les entreprises interrogées ont un intérêt à introduire la technologie afin de pouvoir résoudre tous les problèmes rencontrés, mais ils doivent faire attention aux obstacles qui peuvent être générés lors de l'introduction d'approches technologiques dans leur travail.

Ainsi, il est à noter que notre étude a montré qu'un pourcentage élevé des entreprises interrogées retrouvent respectivement des problèmes de gaspillage de matières premières et des problèmes de gestion et de communication. Aussi, l'étude que nous avons menée, en global (basée sur les déclarations d'entreprises interrogées), a précisé que la perspective de bénéfices futurs est la principale incitation pour les entreprises à intégrer la technologie. Le problème réside alors dans la capacité à identifier ces opportunités. Au-delà de cette évidence sur la perspective de bénéfices directs, toutes les entreprises interrogées s'accordent à dire que les deux leviers externes les plus influents pour l'introduction de la technologie sont la communication entre l'entreprise et les parties prenantes et l'optimisation de l'utilisation de la matière première. Pour les leviers internes nous avons trouvé que la réduction des coûts et des délais et les bénéfices liés à l'organisation du travail restent les facteurs les plus importants pour l'intégration d'une contrainte technologique.

Le PLM est une approche qui nécessite un suivi lors de son introduction dans une entreprise. La transition vers l'intégration du PLM dans le processus de production nécessite un changement organisationnel et stratégique au niveau de l'entreprise qui peut donner un nouvel élan permettant à l'entreprise de commercialiser ses produits différemment afin de mieux élargir sa marge bénéficiaire.

De plus, le PLM reste un média qui contribue à l'innovation collaborative tout en réunissant un ensemble d'outils pour collecter les idées, gérer les données et diffuser les informations nécessaires dans différents environnements. Aussi, le secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc reste un domaine qui nécessite plusieurs mesures pour son amélioration. D'où la nécessité d'introduire le PLM pour pouvoir optimiser l'utilisation des matières premières et c'est ce que nous essaierons de voir dans le prochain chapitre concernant le secteur de zellige relevant de l'économie sociale au Maroc.

Chapitre 3: Proposition d'un logiciel PLM pour optimiser la gestion de la production des pièces de zellige.

I- Introduction

La génération des déchets lors de la fabrication du produit artisanal demeure l'une des problématiques confrontées par le secteur de l'économie sociale et solidaire marocain. La prise en considération d'un tel problème est la clé principale visant une utilisation rationnelle de la matière première. Pour cela, nous avons pensé à l'étude et l'analyse de la minimisation de l'usage de la matière première lors de la découpe des carreaux de céramique puisque le produit artisanal comporte un ensemble de phases en vue de sa production finale tout au long de son cycle de vie.

A vrai dire, un produit quelle que soit sa nature (industriel, artisanal, etc) comporte un ensemble de phases appelées "cycle de vie" représentant les étapes que le produit peut suivre, depuis (i) la conceptualisation, (ii) la conception, (iii) la planification de la fabrication, (iv) la production, (v) la distribution, (vi) l'utilisation, (vii) la diffusion et le recyclage [68]. Dans la littérature, l'identification de ces étapes du cycle de vie fait apparaître au moins deux grands axes d'analyse: (i) les étapes du cycle de vie du produit sur les marchés, et (ii) les étapes du cycle de vie du produit qui prennent en compte sa vie physique.

Du coup, instaurer le PLM au sein d'une entreprise quelle que soit sa nature va assurer une gestion efficace du cycle de vie du produit résultant surtout au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc qui présente un besoin urgent vis-à-vis de sa structuration et de l'organisation du travail en son sein tout en impliquant une gestion des connaissances de la conception, de la fabrication et de la mise en service des produits qui va bien au-delà des frontières des services commerciaux traditionnels. De plus, le PLM affecte les activités de vente, le service client et les activités de retrait du produit dans un réseau étendu.

Ajoutant à cela que le produit artisanal comporte un ensemble de phases tout au long de son cycle de vie. Pour cela, nous voulons agir sur la phase de fabrication et plus précisément la phase de la découpe des formes primitives (tôle, tissu, papier, etc) ce qui va permettre de limiter la consommation de l'énergie de découpe et l'utilisation de la matière première, et de minimiser les chutes générées par la production de produits manufacturés. Tout cela aura sans doute un impact positif sur le cout de production, qui demeure l'un des objectifs que le PLM cherche à résoudre.

Dans le présent chapitre nous voulons retrouver un lien permettant de rassembler la modernité et l'originalité tout en essayant d'introduire la technologie au sein d'un secteur original qui est le secteur de l'économie sociale au Maroc afin de pouvoir rationnaliser l'usage de la matière première. Pour cela, nous essayons de définir la problématique de la découpe qui demeure un cas particulier de la problématique du gaspillage de la matière première. A vrai dire, les problèmes de découpe ont préoccupé un nombre important de chercheurs et d'experts et ont abouti à une multitude de solutions et de résultats. Cela est dû à un ensemble de raisons à savoir: l'existence de plusieurs variantes à ce problème permettant de produire un ensemble de méthodes de résolution et de modélisation multiples. D'autant plus, il y'a des enjeux à caractère environnemental et écologique luttant contre la pollution engendrée par les déchets générés lors de la découpe de la matière première ainsi que des enjeux technologiques cherchant à moderniser le secteur pour qu'il soit plus compétitif à l'échelle internationale.

Dans ce chapitre nous allons essayer d'élargir le périmètre couvert par le PLM afin qu'il puisse inclure un secteur à caractère original qui est le secteur de l'économie sociale au Maroc. Pour cela, nous allons choisir de remédier aux problèmes de découpe en introduisant ce genre d'approches au sein de la filière de zellige (figure 45).



Figure 45: Présentation d'un exemple du décor de zellige

Ce chapitre s'inscrit dans une démarche PLM puisque nous nous intéressons à une phase bien précise au niveau du cycle de vie de la production des pièces de zellige qui est la phase de découpage des formes primitives à partir des carreaux de base de l'argile. Pour cela, nous allons essayer de proposer un algorithme pour remédier à la dite problématique et qui sera transformé par la suite en un logiciel qui va jouer le rôle du PLM au sein du secteur (c'est l'objet de notre demande de brevet que nous avons déposée au sein de l'OMPIC qui s'intitule: Méthode d'optimisation des carreaux de céramique utilisant une conception assistée par ordinateur: voir document brevet) ainsi qu'un article publié au sein du journal IJPLM (International Journal of Product Lifecycle Management) [69].

II- Description globale de la problématique de minimisation des chutes de matière

1- Description de la problématique du gaspillage de la matière première

1-1- Gaspillage de la matière première au niveau du secteur de céramique

Il est à remarquer que la production de céramique confronte un gaspillage énorme de la matière première. Du coup, plusieurs auteurs se sont intéressés à ce genre de problème à travers plusieurs études que nous allons présenter dans ce paragraphe.

L'industrie du marbre est une branche importante de l'industrie où l'eau et l'énergie sont utilisées à des taux élevés [70][71][72]. En particulier dans les processus de production des blocs de marbre, des taux élevés d'eaux sont utilisées pendant l'étape de coupe [73] [74]. En plus de cela, 50% des déchets de poussière sont formés dans le processus de production [75] [76]. Ces déchets polluent l'environnement et entraînent des pertes d'énergie. L'introduction de déchets dans les processus de recyclage contribuera à réduire la pollution de l'environnement et à rendre durable l'énergie et les ressources naturelles utilisées dans la production [77] [78] [79].

La fabrication du zellige et de la céramique engendre la production d'une quantité importante du gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui participe dans la pollution de l'environnement ainsi qu'à l'ensemble des changements climatiques constatés ces dernières décennies. Pour cela, un ensemble de projets ont été lancés pour atténuer ces effets environnementaux néfastes à savoir le développement d'un ensemble de matériaux de construction verts alternatifs afin de pouvoir améliorer le développement durable [80] [81]. Lors de la production des pièces de céramiques, l'usage du ciment est primordial et pour chaque tonne du ciment utilisé, environ un tonne de gaz à effet de serre est émis, ce qui représente un pourcentage important du gaz à effet de serre émis dans le monde [82].

D'après les statistiques issues de l'association des fabricants italiens de machines et d'équipements pour l'industrie de céramique, nous pouvons constater que:

La production mondiale des différentes catégories de céramique est de 13,7 milliards de m^2 en 2018 [83]. A prendre en considération que environ le 1/3 des matériaux de construction sont jetés au cours du processus de production. Ces déchets de céramiques sont très durables et résistants, chimiquement et physiquement, face aux conditions environnementales vécues pendant les dernières décennies.

Jusqu'à présent, l'usage de ces déchets de céramiques n'a pas été largement étudié pour qu'ils soient exploités dans diverses applications. Mais, des quantités importantes de ces déchets sont jetées dans des décharges. Pour cela, l'industrie de céramique du monde entier doit retrouver une alternative afin de pouvoir éradiquer ces déchets retrouvés.

Selon Pacheco Torgal et Jalali (2010), le réemploi des déchets de céramique dans plusieurs domaines à savoir le béton et le mortier en tant que matériau de construction durable peut mener vers une utilisation économique et rentable en matière d'énergie avec des dégâts plus faibles au niveau écologique suite à la diminution de la matière première [84].

Suzuki et al. (2009) ont utilisé les déchets de céramique comme granulats afin de pouvoir produire du béton à une performance élevée [85]. Aussi, Zegardlo et al. (2016) ont étudié le béton à haute résistance incorporant des granulats de céramique recyclés [86].

Anderson et al. (2016) ont essayé d'examiner le béton qui utilisait les déchets de céramiques comme des substituts d'agrégats fins et ont constatés que les performances relatives à ce genre de béton restent inchangées tout en le comparant avec le béton qui n'utilise pas les déchets de céramique [87].

Senthamara et al. (2011) ont évalué l'influence du remplacement du ciment par la céramique broyée (GC) et ont montré le potentiel d'amélioration de la résistance à la compression et des performances de durabilité, en particulier sur des durées de durcissement plus longues en raison des caractéristiques pouzzolaniques des déchets de céramique [88].

Ainsi, les procédés de fabrication actuels du zellige restent traditionnels. La réalisation des formes primitives pour constituer les motifs élémentaires avant leur fixation sous forme de plaques passe par deux étapes essentielles qui constituent le cycle de vie du produit de zellige [89]:

1. La préparation du carreau zellige de base d'environ 10*10*1.2 cm3 (préparation de la pâte "argile", aplanissement, découpe, séchage, cuisson, enrobage, etc), Le maître artisan doit préparer les pâtes d’argile lui-même. Souvent, cette tâche est réalisée par des apprentis et des aides. Elle est jugée importante mais facile. Le céramiste doit

concasser, broyer, tamiser l'argile non traité. Il procède à la préparation de la barbotine, puis la fermenter à l'abri du soleil et des vents. Enfin, il doit homogénéiser la pâte en éliminant de l'air en pétrissant et en battant la pâte d'argile. Le maître artisan doit sécher les pièces avec soin selon ses moyens, soit au soleil, soit en utilisant des séchoirs. C'est une tâche difficile mais peu importante. Le maître artisan doit choisir le type de séchage et le réaliser soit au soleil en exposant correctement les pièces, il doit suivre l'orientation pour séchage homogène. De même, il peut réaliser le séchage par séchoir en déterminant la température de séchage, en disposant les pièces de façon correcte et en équipant le séchoir de ventilateur pour assurer la circulation de l'air. Le maître artisan doit réaliser la première cuisson, c'est ce qu'on appelle la cuisson de biscuit. Cette tâche est très difficile et très importante. Le céramiste doit établir la courbe de cuisson pour chaque type d'argile, disposer les pièces dans les fours suivant la nature et assurer la circulation de l'air chaud. Le maître artisan allume le four, réalise la cuisson et essaye de la suivre selon les différents moyens dont il dispose (pyromètre) et respecte la courbe établie. Une fois la cuisson terminée, il doit procéder au refroidissement du four selon les méthodes appropriées. L'artisan doit préparer les émaux et réaliser l'émaillage par l'une des techniques. C'est une tâche très importante mais facile à exécuter. L'artisan céramiste doit choisir l'émail ou la glaçure selon le type d'argile; doit préparer la barbotine des glaçures achetées ou bien composées par lui-même. Une fois la barbotine préparée, il réalise l'émaillage par l'une des techniques suivantes:

- l'émaillage par trempage.
- l'émaillage par pinceau.
- l'émaillage par aspersion.

L'artisan doit réaliser la cuisson des pièces décorées et émaillées selon le type de four dont il dispose. C'est une tâche très importante et très difficile. Le potier céramiste choisit le type de cuisson selon les moyens dont il dispose. Il doit procéder au chargement de four de façon à espacer les pièces pour éviter leur collage ou bien utiliser des gazettes. Puis il doit établir la courbe de cuisson pour chaque type de pièce. Il doit réaliser la cuisson en allumant le four et en l'alimentant par le combustible tout en respectant la courbe de cuisson. Enfin, le potier doit procéder au refroidissement du four et contrôler les pièces cuites, c'est à dire l'homogénéité de l'émail et l'exemption des formes et des bulles.

2. Le découpage des formes primitives à partir des carreaux de base du Zellige (façonnage manuel, face à face, par une main-d'œuvre qualifiée et coûteuse). Cette découpe artisanale s'effectue avec un marteau tranchant qui laisse apparaître un fin liseré de terre cuit mis à nu sur le pourtour des morceaux de carreaux découpés (tesselles). Le kassar est l'artisan chargé de tailler les carreaux en tesselles. Son marteau tranchant est nommé manqach. Après cette première découpe, l'étape suivante est le khallaç qui consiste à chanfreiner les tesselles en leur donnant des arrêtes régulières. On nomme en arabe maalem l'artisan qui élabore les motifs géométriques, parfois d'une grande complexité. Il est en général capable de dessiner et d'assembler de mémoire les tesselles géométriques, et de les encoller directement sur les murs à décorer.

De plus, lors de l'étape de découpe des formes primitives, nous avons constaté qu'il y'a une génération d'une quantité importante des déchets dus au gaspillage de la matière première. D'où la nécessité de mettre en place un outil qui résoudra le problème de la découpe tout au long du cycle de vie du produit de zellige et qui jouera le rôle du PLM au sein de la dite filière.

L'approche PLM a été très développée et son introduction dans une entreprise a beaucoup d'avantages. Mais, il faut sélectionner les besoins d'une entreprise ainsi que la problématique que nous visons à résoudre parmi ces besoins pour pouvoir introduire ce genre d'outils d'une manière efficace.

Dans la suite de chapitre, nous essayons d'élargir le périmètre couvert par le PLM afin qu'il puisse inclure un secteur à caractère original qui est le secteur de l'économie sociale et solidaire. Pour cela, nous avons choisi de remédier aux problèmes de découpe en introduisant ce type d'approches au sein de la filière du zellige.

A vrai dire, le secteur de la céramique confronte un ensemble de problèmes nécessitant d'être résolus d'une manière urgente. Pour cela, nous avons jugé nécessaire de réaliser une analyse SWOT du présent secteur afin de pouvoir préciser les orientations stratégiques en vue de réaliser les objectifs tracés.

1-2 Analyse SWOT

Cette analyse porte sur quatre éléments (figure 46):

- Les forces – Strengh: Les atouts du secteur analysé sur lesquels nous pourrons s'appuyer pour définir ses orientations stratégiques (tableau 9).
- Les faiblesses Weaknesses: Sur lesquelles nous ne pouvons pas compter pour définir les stratégies du secteur analysé (tableau 9).
- Les opportunités – Opportunities: Les perspectives susceptibles d'être favorables au secteur analysé (tableau 10).
- Les menaces ou risques – Threats: Les perspectives susceptibles d'être défavorables au secteur analysé (tableau 10).

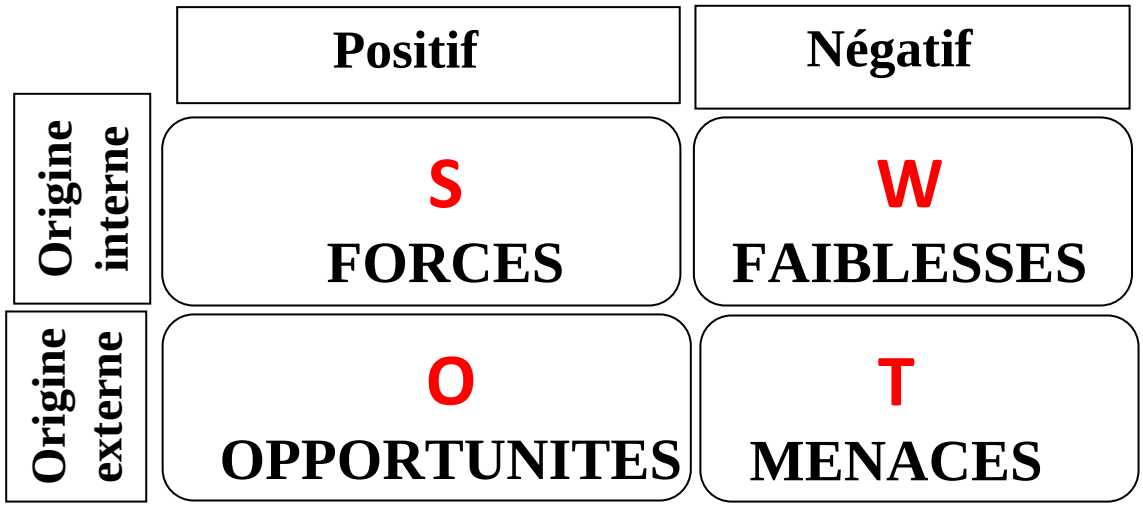


Figure 46: Matrice SWOT

Tableau 9: Les forces et faiblesses du secteur de céramique au Maroc

Forces	Faiblesses
▪Disponibilité de l'argile pour la production du zellige sur le marché local marocain. ▪Bonne connaissance des fabricants du zellige de la situation actuelle du métier. ▪Habilité et dextérité manuelle des vrais maîtres artisans. ▪Volonté des maîtres artisans à s'innover et améliorer la qualité de leurs produits. ▪Abondance de la main d'œuvre jeune.	▪Dégradation du milieu de production. ▪Problèmes d'approvisionnement en eau. ▪Mauvaise qualité des matières premières et des matières consommables. ▪ Absence de certains outils pouvant faciliter la tâche des fabricants des pièces de zellige tels que les broyeurs servant à préparer la pâte de l'argile. ▪Faible productivité à cause de l'emploi d'outils épuisants qui demandent beaucoup d'énergie sans donner au produit final une bonne qualité. ▪Méthode de production archaïque basée sur l'expérience. ▪les conditions de travail des fabricants de zellige sont difficiles. ▪Evolution de la main d'œuvre non qualifiée. ▪Absence de programmes de formation. ▪Absence de l'innovation. ▪Concentration de la vente des produits fabriqués sur un seul marché. ▪Absence de programmes de formation technique et générale.

Tableau 10: Les opportunités et les menaces du secteur de céramique au Maroc

Opportunités	Menaces
▪Le Maroc possède certains ateliers de fabrication des produits de zellige qui demeurent une destination touristique internationale par excellence. ▪Croissance importante du marché du secteur de zellige. ▪L'intérêt et l'enthousiasme du Ministère de l'Artisanat et des autorités locales pour le développement du zellige traditionnel qui se manifeste par : ✓ des actions programmées dans le cadre du Plan de Développement Régional de l'Artisanat au profit des artisans au niveau des ateliers de production de zellige. ✓ des actions de mise à niveau des ateliers de fabrication du zellige traditionnel programmées dans le cadre du Millenium Challenge Account. ✓ des actions pour le renforcement des capacités des artisans de fabrication de zellige dans le cadre de l'Initiative Nationale pour le Développement Humain. ▪ L'usage d'un ensemble des outils technologiques pouvant faciliter les taches des artisans lors de l'exécution de leurs travaux telles que les MOCN (machines à commande numérique) pour la découpe des pièces de zellige. ▪La nouvelle stratégie nationale pour une gestion active des ressources forestières urbaines et périurbaines en vue de son opérationnalisation sur le terrain.	▪ Interdiction d'implanter des machines modernes pour l'amélioration des conditions de travail des fabricants de zellige pour le renforcement de la production. ▪Anarchie et difficulté au niveau de l'approvisionnement. ▪Augmentation des coûts des matières premières et des matières consommables. ▪ L'offre n'est pas conforme aux normes de qualité et aux exigences du marché. ▪ Méconnaissance de la demande. ▪ La guerre des prix. ▪ La forte concurrence. ▪Aggravation de l'intensité concurrentielle. ▪Développement de la technologie. ▪La structure des coûts est lourde. ▪ Les aléas climatiques au niveau de la production. ▪Faible préoccupation pour l'environnement écologique. ▪Absence d'un cadre juridique adéquat d'organisation du métier. ▪ Sous encadrement technique et commercial. ▪Techniques de production du zellige très avancées de certains pays étrangers dont les plus importants sont l'Italie et la Turquie.

Cette analyse nous a permis de formuler un ensemble d'actions d'amélioration que nous pouvons préciser comme suit:

- Restauration de l'infrastructure de production.
- Mise en place d'un dispositif d'hygiène et sanitaire.
- Amélioration des conditions de travail, d'hygiène et sanitaire des producteurs de céramique.
- Amélioration de la qualité et de la productivité de la céramique.

- Optimisation et contrôle du procédé de production.
- Mise en place d'un procédé de production écologique.
- Formation continue des producteurs de céramique.
- Organisation du métier.

Il est à remarquer que la production de l'ensemble des types de céramiques engendre un gaspillage énorme de la matière première tout au long du cycle de vie du produit. Et afin de pouvoir mettre en place certaines actions d'améliorations citées précédemment, nous avons jugé nécessaire d'étudier la problématique de minimisation du gaspillage de la matière première. Pour cela, nous avons choisi de focaliser sur le secteur de zellige (cas particulier de céramique) et plus précisément lors de la phase de la découpe des pièces de céramiques afin de pouvoir minimiser les déchets et les chutes engendrés lors de la production et par la suite essayer de diminuer l'ensemble des dégâts climatiques et environnementaux.

2- La problématique de minimisation des chutes

L'usage rationnel de la matière première est en forte liaison avec l'optimisation des chutes. Cette partie sera consacrée à la description des problèmes de découpe (tôle, papier, verre, cuir, etc). Concernant le cas d'étude, nous allons nous intéresser à la problématique de la découpe des pièces de céramique (zellige traditionnel: cas particulier du céramique) afin de pouvoir rationnaliser l'usage de la matière première.

2-1 Un bref aperçu sur les problèmes de découpe

Les problèmes de découpe trouvent de nombreuses applications dans l'industrie, et présentent des intérêts économiques et écologiques certains, vu qu'ils aident à optimiser l'utilisation de la matière première et la consommation d'énergie. Les problèmes de découpe et de conditionnement (Cutting and Packing problems) forment une famille de problèmes à part entière. Dans la littérature française, l'expression découpe et empaquetage est aussi employée. Ils sont abréviés par la suite C&P.

Les problèmes de découpe sont des problèmes d'optimisation, pour lesquels les composants sont uniquement géométriquement reliés entre eux. En d'autres termes, il n'y a aucune interaction explicite entre les composants. Tous les composants présentent les mêmes types d'attributs. Les objectifs et les contraintes peuvent toujours être modélisés comme des fonctions mathématiques et sont définis globalement, c'est-à-dire qu'ils impliquent l'ensemble des attributs des composants.

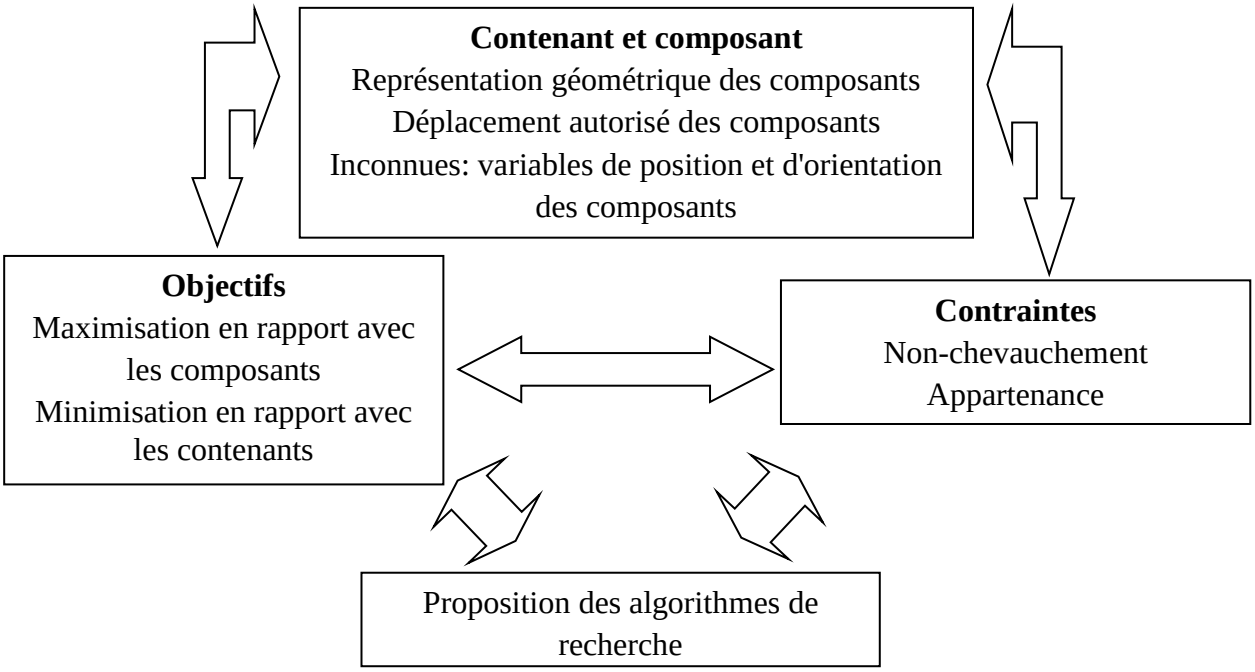


Figure 47: Les caractéristiques du problème de découpe

2-2 Classification des problèmes de découpe

Il est à remarquer que les problèmes de découpe peuvent être classifiés selon la figure suivante:

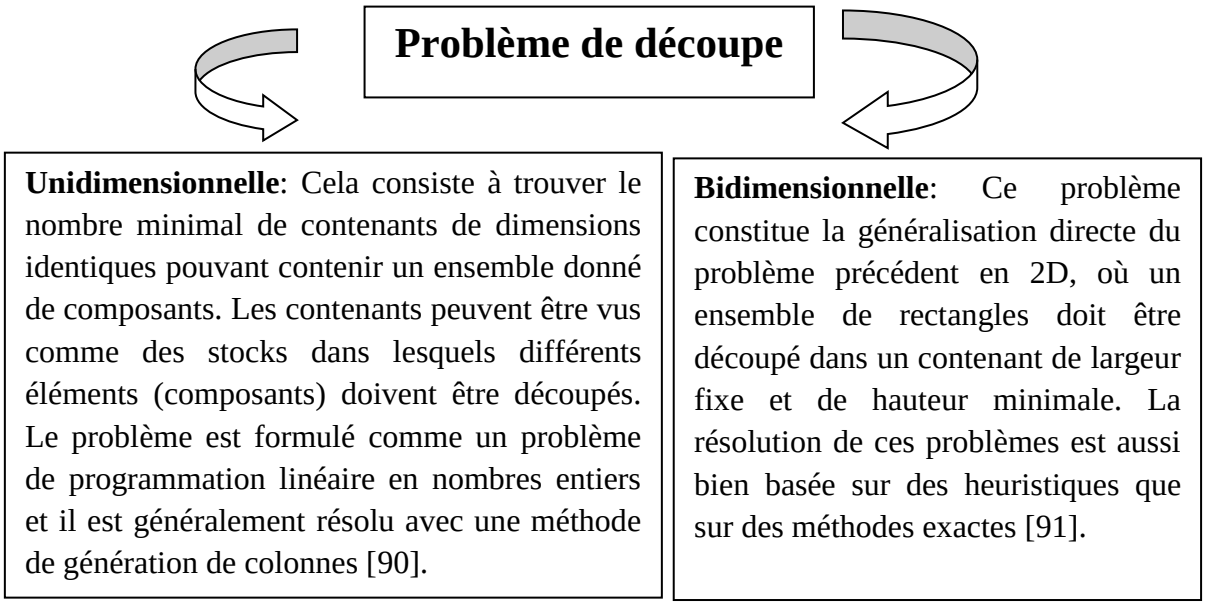


Figure 48: Quelques types du problème de découpe

2-3 Quelques méthodes pour résoudre la problématique de découpe

- **Méthode raster/Pixel:** Il s'agit d'une méthode ou approche qui opte pour la subdivision du contenant en zones discrètes visant la réduction des informations géométriques par le codage des données à travers une grille présentée par une matrice. Néanmoins, une multitude d'auteurs ont présenté un ensemble de schémas de codification dirigés par un algorithme de placement qui emploie les informations géométriques [92] [93] [94].
- **La trigonométrie directe ou bien la fonction "D":** L'approche trigonométrique permet de décrire et d'évaluer le chevauchement entre deux polygones tout en supposant que les pièces sont représentées comme une série fermée de sommets et d'arrêtes. Alors, tout en suivant un ensemble de tests sur l'intersection des lignes et l'inclusion des points, la fonction "D" permet de décrire la relation existante entre deux arrêtes pour détecter la présence ou l'absence d'un chevauchement [95].
- **Le Polygone no fit:** La notion du polygone no-fit (NFP) ou bien le polygone de non recouvrement est reconnu en termes de traitement de la géométrie puisque cette méthode est plus efficace que celle de la trigonométrie directe. Alors, cette méthode permet d'introduire des nouveaux concepts en ce qui concerne la problématique de placement. En effet, si on veut décider si deux polygones se chevauchent, se touchent ou ils sont séparés, on calcule la différence vectorielle de la position de deux polygones et on effectue un test simple pour déterminer si le vecteur résultant est à l'intérieur du NFP ou non. Il est à considérer que le NFP de deux polygones A et B, noté NFPA,B avec une orientation fixe est le polygone qui définit les endroits où B peut être placé sans chevaucher le polygone fixe A [96] [97] [98] [99] [100].
- **La fonction phi:** Elle représente un concept innovant, elle est considérée comme le concept le plus récent aussi pour le traitement géométrique que pour le traitement des problèmes de placement. Son principal objectif est de décrire les positions des deux objets (polygones). Alors, la fonction phi pour la découpe et l'agencement a été conçue et appliquée par Stoyan et al. (2001, 2004) [101][102]. Il s'agit d'une expression mathématique qui détermine les positions mutuelles de deux objets. Alors, la valeur de la fonction phi est supérieure à zéro si les objets sont séparés, elle est égale à zéro si leurs frontières se touchent et inférieure à zéro si ils se chevauchent.

2-4 Vers une bonne gestion du problème de la découpe

Il est à remarquer que les problèmes de découpe demeurent un sujet redondant qui a été traité par plusieurs auteurs et qui a abouti à un ensemble de résultats. Du coup, nous nous intéressons à la gestion de la découpe tout au long du cycle de vie de fabrication des plaques de zellige. A vrai dire, nous nous intéressons à la gestion d'un ensemble de phases durant le cycle de vie à savoir:

- La phase de conception: Tout en essayant de présenter et d'étaler un ensemble de motifs de zellige, ce qui va présenter un premier pas vers la gestion de la phase de conception.
- La phase de production: Tout en essayant de s'intéresser à la gestion de la rationalisation de l'usage de la matière première. A vrai dire, la découpe optimale pourra se faire par différentes manières. Mais, nous allons s'intéresser à la gestion de cette découpe tout en

essayant de fournir un ensemble d'étapes nous permettant d'organiser la procédure de réalisation de la découpe.

- La phase de recyclage: Tout en essayant de donner une idée sur l'ensemble des formes réalisées mais non utilisées pour la fabrication du motif voulu. Du coup, elles peuvent être stockées pour une future utilisation.

Par ailleurs, pour mieux détailler l'ensemble des points cités précédemment, nous présentons une étude de cas dans le secteur du zellige où ce genre de problème est très répandu puisque l'artisan découpe la matière première constituée d'argile rugueuse et lisse sous différentes formes. Pour cela, nous proposons de formuler un ensemble de combinaisons entre ces formes et de découper les tuiles en terre cuite selon ces combinaisons dans le but de limiter le gaspillage de la matière première car les méthodes traditionnelles représentent une source principale de perte de la matière première.

III- La gestion de la découpe: Etude de cas du secteur de zellige

Le secteur de l'économie sociale au Maroc contribue d'une manière importante dans le développement du pays. Sur le plan économique, le Maroc est réputé pour ses diverses activités artisanales. Son économie repose en grande partie sur cette dernière. Ainsi, outre l'agriculture, l'administration et les collectivités locales, l'économie sociale reste un pilier important en termes de production, de prestation de services et de création d'emplois.

A vrai dire, le secteur de l'économie sociale marocain reste le deuxième promoteur d'emploi après l'agriculture. Ses métiers projettent le riche patrimoine du pays à savoir la tradition, les coutumes et le patrimoine culturel influencés par tous les échanges. Pour cela, plus d'une centaine de métiers en double connexion avec tous les échanges ainsi qu'avec l'économie marocaine ont émergé à savoir: poterie, cuir, tapisserie, bois, textile, bijouterie, métaux, broderie, zellige, dinanderie, etc. et qui se sont regroupés sous forme d'entreprises, de coopératives, et de mono-artisans afin de pouvoir donner une image de marque au pays dans de nombreux événements tant nationaux qu'internationaux.

Ce paragraphe présente des études élaborées au sein du Laboratoire Systèmes Intelligents, Géo-ressources et Energies Renouvelables (SIGER) à la FST de Fès concernant la promotion des plaques réalisées par assemblage de pièces de zellige traditionnelles (figure 49) et qui visent la résolution de la problématique de la découpe au sein du secteur de zellige à travers la proposition d'un algorithme permettant la rationalisation de l'usage de la matière première et qui sera transformé par la suite en un logiciel qui va jouer le rôle du PLM au sein du secteur tout en traçant le cycle de vie de la production des pièces de zellige [69].

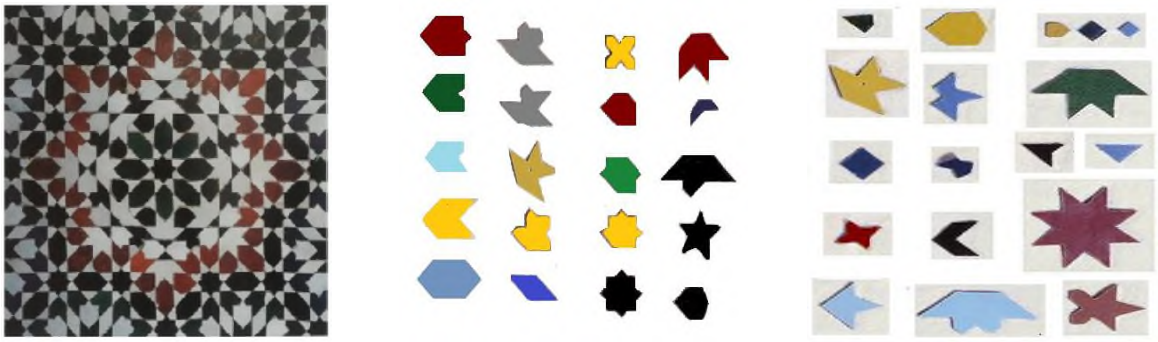


Figure 49: Exemple de motifs de zellige sur un mur ainsi que certaines formes primitives qui composent la plupart des panneaux décoratifs.

1- La solution proposée

Afin de pouvoir remédier à la problématique de la découpe des pièces de zellige nous avons proposé l'algorithme suivant qui sera transformé par la suite en un logiciel.

1-1- L'algorithme proposé pour remédier au problème

L'algorithme présenté dans cette section est composé de quatre étapes [69]:

La première étape concerne la présentation d'une multitude de motifs et l'identification des formes composant le motif choisi par le client ainsi que leurs nombres par couleur. Dans cette étape, nous essayons d'utiliser des techniques de traitement d'image. Aussi, le client doit fournir la surface à décorer en m².

La deuxième étape va permettre de présenter les combinaisons qui vont être utilisées par les artisans pour découper les tuiles de carreaux de l'argile ainsi que le nombre de formes composant ces combinaisons.

La troisième étape qui va nous donner le nombre exact de formes et de combinaisons à produire en fonction la surface choisie.

La quatrième étape nous fournit les formes qui doivent être ajoutées au stock.

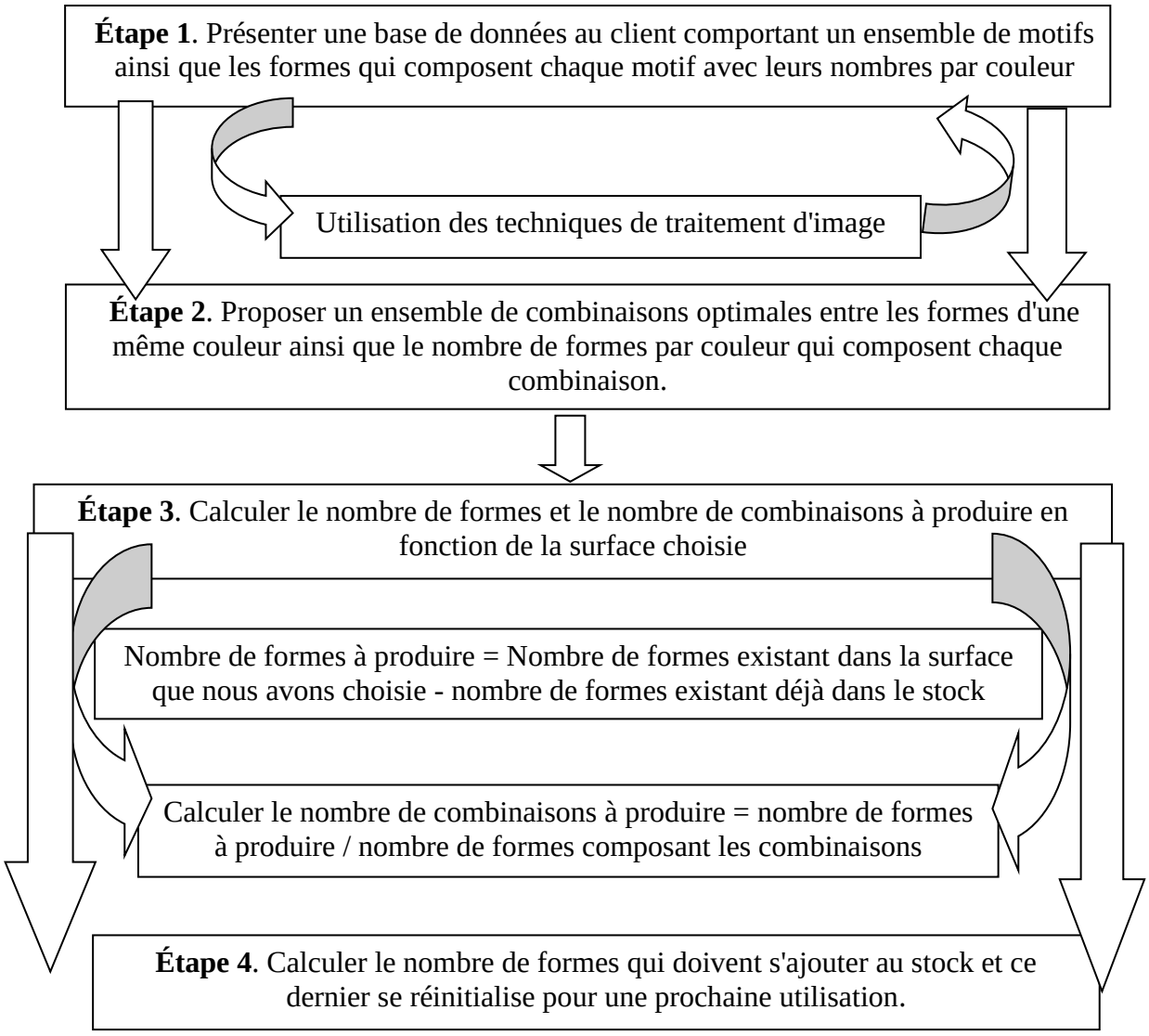


Figure 50: L'algorithme proposé pour instaurer le PLM au sein du secteur de zellige

2- Description de l'ensemble des étapes

2-1- Un bref aperçu sur la première Etape

La première étape qui est une étape de conception et qui repose essentiellement sur l'étalement d'un ensemble de panneaux décoratifs et le client va choisir le décor qui lui convient tout en présentant le nombre de motifs par couleur contenus dans le décor. Pour cela, l'extraction des contours et l'usage des techniques de traitement d'image s'avèrent nécessaires.

2-1-1- L'analyse et le traitement d'images

L'analyse et le traitement des images est une discipline qui assure l'étude des images numériques ainsi que leurs transformations tout en visant le raffinement du rendu des images [103]. Il est à prendre en considération que les méthodes de traitement des images comprennent quatre étapes.

1- Le prétraitement de l'image avec une minimisation de l'ensemble des éléments parasites dans l'image.

2- Le raffinement de l'image tout en jouant sur un ensemble de points à savoir: le contraste, la luminosité, etc. Ainsi que l'éradication de certaines anomalies (bruits, artefacts).
3- L'analyse de l'image avec un accomplissement d'un certain nombre de mesures vis-à-vis de l'image traitée (taille, position, dimension et orientation des objets présents dans l'image).
4- L'interprétation de l'image tout en lui donnant du sens en vue de repérer les objets d'étude qui vont être analysés à travers l'usage des informations connues sur ces objets.

A vrai dire, le raffinement de l'image par l'usage des techniques de traitement numérique va assurer la réflexion et l'esprit d'initiative du sujet. Du coup, les fonctionnalités du traitement d'image permettent d'améliorer le rendu de l'image. Il s'agit d'extraire un ensemble d'informations qui peuvent être cachées lors de la lecture au premier degré d'une image. D'où l'objectif que procure ce genre de méthodologies à travers l'interaction sujet-image.

Il est à remarquer que le traitement d'image permet de présenter un ensemble d'outils de filtrage, de segmentation et de quantification. Parmi les outils de traitement d'images permettant d'éliminer le bruit retrouvé dans une image après le seuillage sont les filtres morphologiques binaires, il s'agit d'une opération de prétraitement. Après cela, nous essayons de détecter les contours par l'usage d'un algorithme de squelettisation. Les résultats sont retrouvés dans la figure suivante à travers l'usage du logiciel MATLAB:

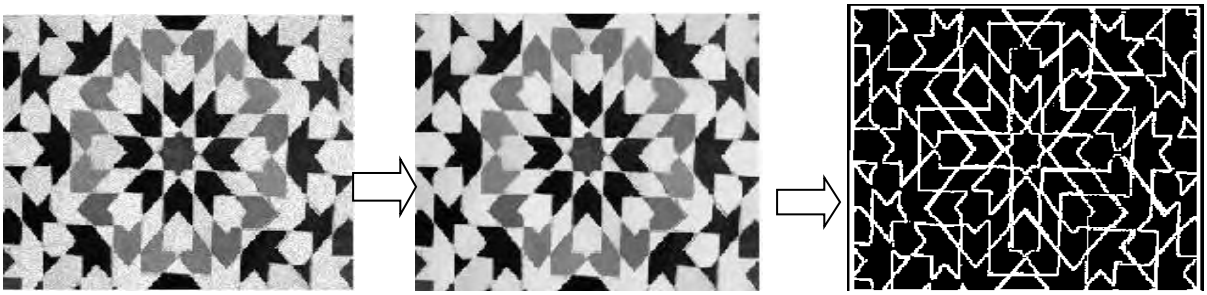


Image originale **Image filtrée** **Extraction des contours**

Figure 51: L'image originale, l'image filtrée et l'extraction des contours pour un panneau décoratif

Il est à remarquer que l'indexation des images repose essentiellement sur un ensemble d'attributs à savoir: la couleur, la texture et la forme. A vrai dire, la nature des images étudiées impose l'usage de l'attribut forme à indexer. Durant notre travail nous voulons à travers l'ensemble de ces techniques d'isoler et reproduire des formes élémentaires d'une même couleur puisque la forme reste un attribut permettant de représenter l'information retrouvée dans une image.

2-1-2 La construction des motifs

Deux méthodes peuvent être utilisées en vue de construire les motifs à savoir:

- **La démarche à posteriori:** Il s'agit d'une méthode permettant de réduire le motif en une partie minimale asymétrique. Elle permet de reconnaître les rapports ordonnant la disposition de quelques lignes inscrites dans le triangle minimal.

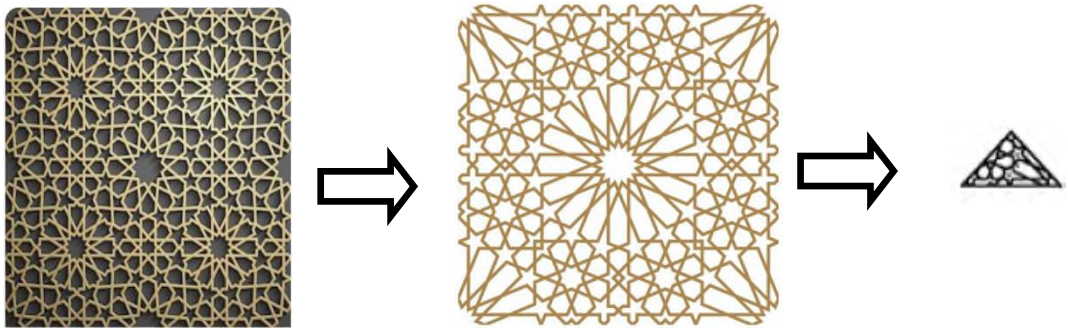


Figure 52: Réduction du motif en une partie minimale

- **La démarche multi grille**

Il s'agit d'une méthode formulée par Gratias (2002) qui repose sur la construction d'un ensemble de droites parallèles équidistantes, caractérisées par un vecteur V orthogonal aux droites et de longueur égale à la période [104].

Il s'agit d'un ensemble qui sera copié n fois en effectuant à chaque fois n rotation dans le plan, tel que n est une valeur générique supérieure à 2, il s'agit de l'ordre de rotation de la grille par rapport aux autres. Nous obtenons alors une grille constituée de N familles de lignes chaque famille est caractérisée par un vecteur orthogonal Vn.

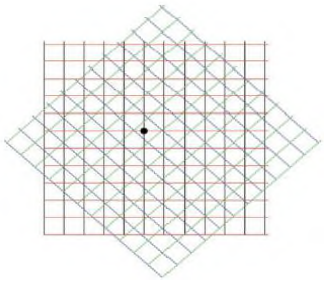


Figure 53: La superposition d'un ensemble de lignes parallèles équidistantes dans N directions distinctes du plan

A partir d'un point central, nous plaçons le vecteur Vn et son opposé et nous traçons des droites orthogonales passant par leurs extrémités. Nous obtenons un polygone convexe irrégulier et on trace les segments joignant le point central aux sommets du polygone. En traçant un petit cercle autour du point central, nous obtenons N secteurs, chacun basé sur le bord du polygone (Fig. 54). Dans chaque secteur, nous choisissons un vecteur Wn de longueur et de direction arbitraires, et nous l'associons à la famille de droites correspondante.

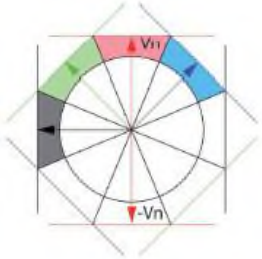


Figure 54: Les vecteurs Vn et leurs opposés

Nous construisons alors des parallélogrammes Pi,j formés par les vecteurs Wi et Wj pris deux à deux. Ces parallélogrammes constitueront les dalles de pavage.

Nous supposons que les familles de lignes sont distribuées de manière générique, de sorte que les lignes se croisent deux à deux et qu'il n'y ait pas d'intersections triples ou multiples. A

chaque intersection Ii,j entre les droites Li et Lj, nous associons le parallélogramme Pi,j engendré par les vecteurs Wi et Wj (Figs. 55a et b). Les carreaux sont disposés selon la séquence d'intersection des lignes (Fig. 55c) et l'ensemble du pavage est obtenu par ce procédé (Fig. 55d). Le pavage parfaitement ordonné obtenu est un treillis quasi périodique (sauf pour le cas N = 2, qui correspond à un treillis périodique).

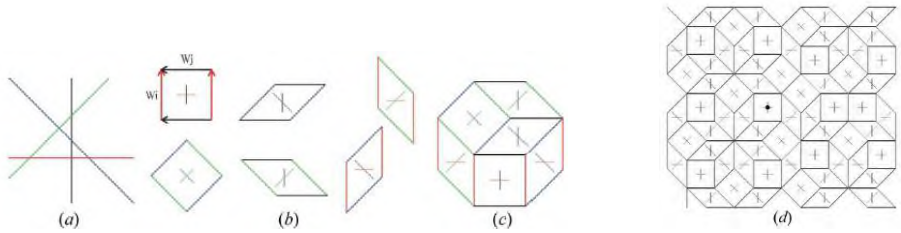


Figure 55: Etapes d'obtention du pavage

Il a été montré (Jaric, 1989) que ces pavages sont le résultat du découpage d'un objet périodique de dimension N dans une direction irrationnelle [105]. Cette construction conduit à des résultats remarquables lorsqu'on choisit une multi grille symétrique construite à partir d'une seule famille de lignes copiées N fois par le même angle de rotation n = 2 /N et en prenant Wn égal au vecteur Vn.

La méthode multi grille se prête à de nombreuses variantes dans le choix des séquences d'espacement des grilles, leurs positions relatives et les vecteurs Wn qui définissent la forme des tuiles. Dans tous les cas, nous obtenons des carrelages uniformes avec des beaux éléments décoratifs (figure 56).

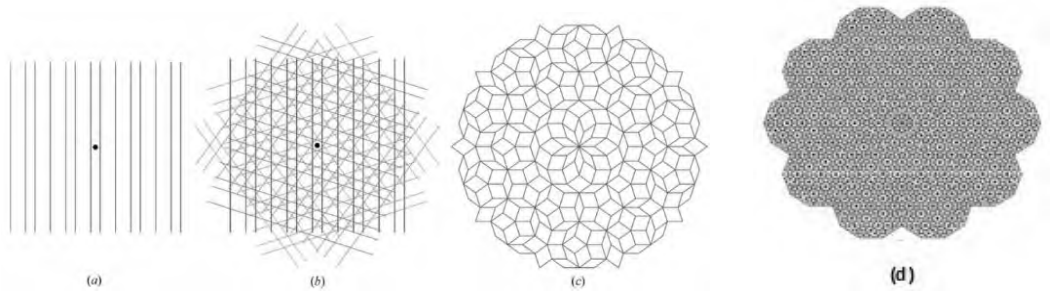


Figure 56: Etapes d'obtention d'un panneau décoratif

C'est ainsi qu'un vaste ensemble de motifs traditionnels sera défini. Une multitude de motifs et de formes primitives est enrichie à chaque nouvelle création. Il y a aussi la possibilité de paramétrer les dimensions des formes primitives. Chaque motif choisi ou créé est constitué d'un ensemble de formes primitives qui doivent être découpées.

2-1-3 La découpe des formes primitives

D'après les règles de construction de motifs et des formes primitives présentées dans (Castera J. M, 1996), on a pu modéliser les 37 formes primitives qui composent plus de 90% des motifs présents dans l'industrie du Zellige traditionnel [106].

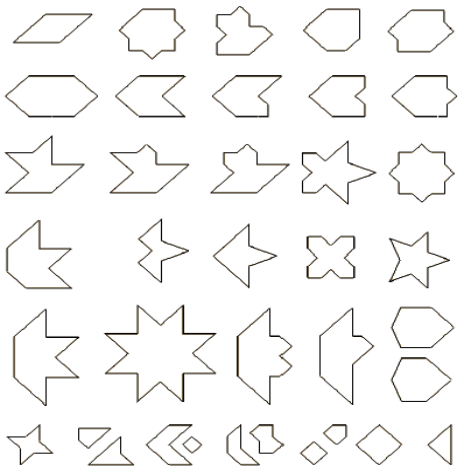


Figure 57: Formes primitives composant 90% des panneaux décoratifs

Il est à remarquer que les deux méthodes que nous avons décrites nous permettent de construire les motifs composant les décors des pièces de zellige. Mais, il est essentiel de les découper en vue de réaliser un certain nombre de combinaisons entre ces formes et c'est l'objectif du paragraphe suivant qui vise à décrire la deuxième étape de l'algorithme proposé ayant pour objectif de réaliser un certain nombre de combinaisons entre les formes de même couleur.

2-2- Description de la deuxième étape

La deuxième étape de notre algorithme consiste à réaliser un certain nombre de combinaisons entre les formes de même couleur extraites à partir du décor choisi par le client. Pour cela, nous avons choisi de décrire la méthodologie utilisée en vue de réaliser ces combinaisons**.**

Durant cette étape nous avons essayé de proposer des combinaisons entre certaines formes tout en les regroupant soit par angles ou bien par cotes.

2-2-1 Regroupement des formes primitives par angles

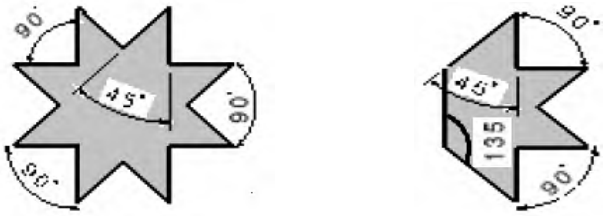
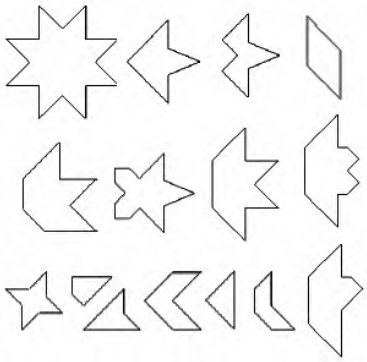


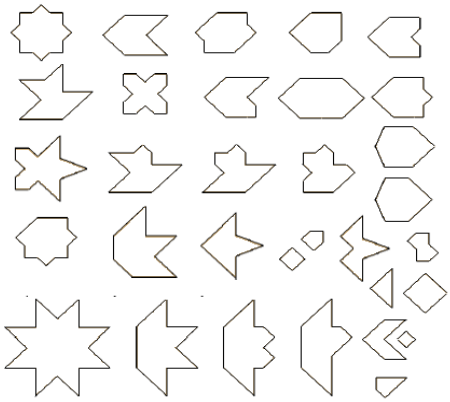
Figure 58: Présentation des angles pouvant être retrouvés dans certaines formes primitives

Un exemple de formes qui peuvent être regroupées par angle.

Les formes ayant un angle de 45°



Les formes ayant un angle de 90°



Les formes ayant un angle de 135°

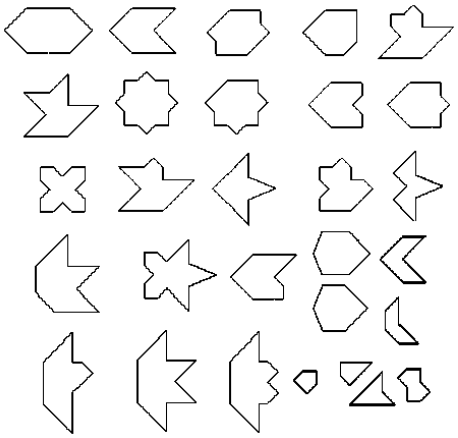


Figure 59: Répartition des formes par angles

2-2-2 Regroupement des formes par cotes

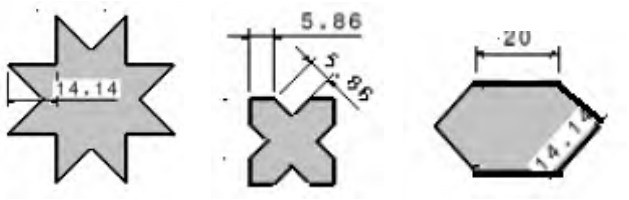
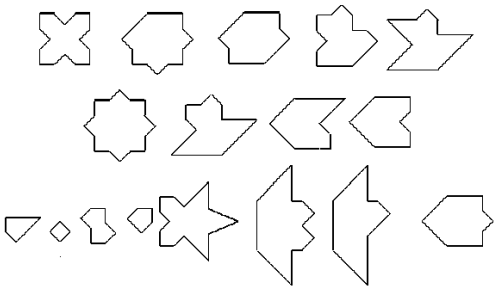


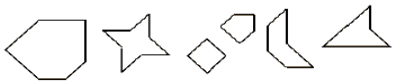
Figure 60: Présentation des cotes pouvant être retrouvés dans certaines formes primitives

- **Classification des formes par cotes**

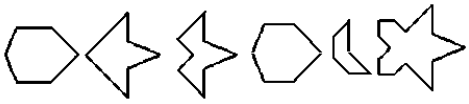
Les cotes de 5,86 mm



Les cotes de 8,28mm



Les cotes de 11,72mm



Les cotes de 13,15mm

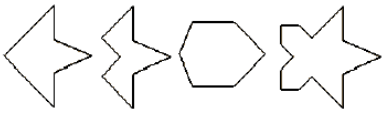


Figure 61: Répartition des formes par angles

2-2-3 Présentation de certaines combinaisons entre les formes primitives

La méthodologie que nous présentons dans cette partie repose sur la présentation d'un ensemble de combinaisons entre les formes primitives à travers lesquelles les carreaux de base de l'argile seront découpés. Parmi ces combinaisons on présente:

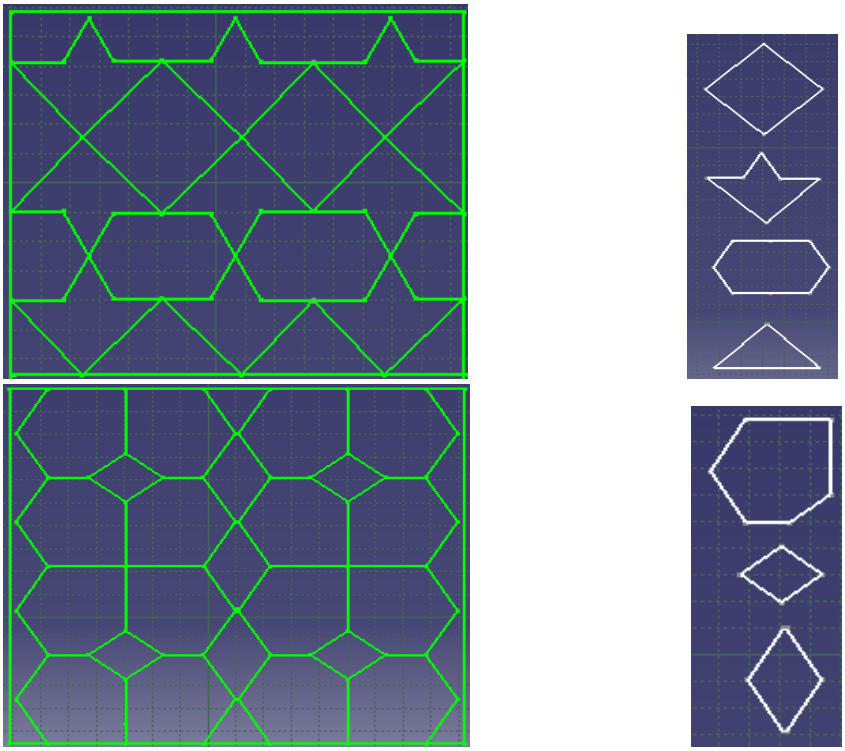


Figure 62: Exemple de combinaisons entre les formes primitives

D'autres combinaisons seront rajoutées en annexe 4.

2-3 Description de la troisième étape

C'est une étape qui va nous permettre d'avoir une idée sur le nombre de formes dont nous avons besoin pour décorer la surface que le client a fournie, informe sur la situation du stock initial, détermine le nombre de formes et de combinaisons à produire en fonction de la surface choisie par le client (mentionnée dans la première étape). A remarquer aussi, que notre méthodologie va nous permettre de connaitre le nombre de formes qui seront dans le stock après exécution de la commande. Durant cette étape la notion de couleur s'avère très importante puisque l'ensemble des informations que nous sommes ramenées à retrouver seront fournies en fonction des couleurs du décor. De ce fait, nous sommes ramenés à chercher sur le panneau décoratif les formes qui ont tout d'abord la même couleur. Après, nous essayerons de chercher dans cette nouvelle liste (figure 57) de formes celles qui ont des angles et des cotes en communs.

A titre d'exemple pour le panneau suivant:

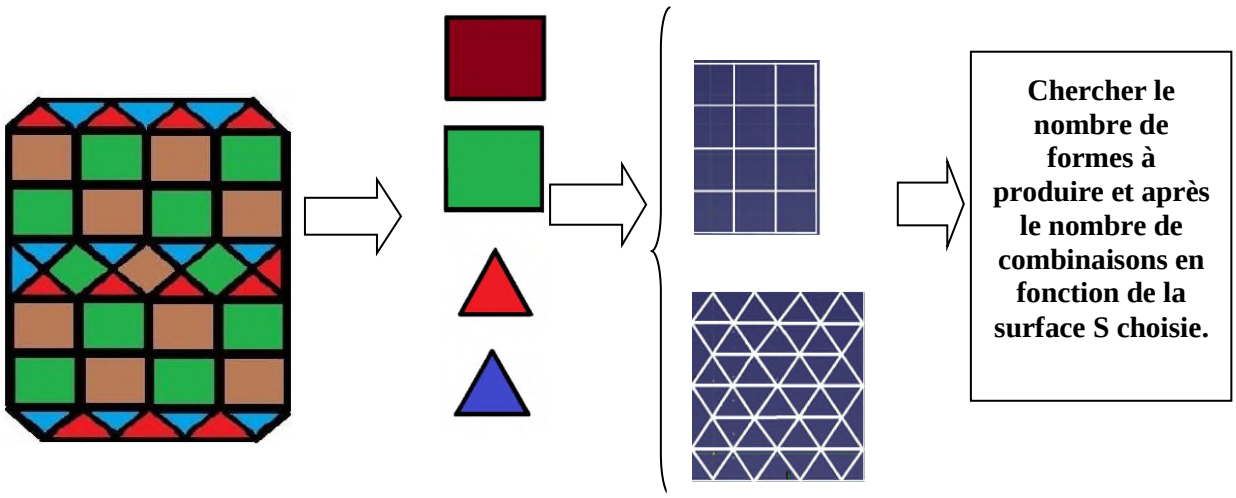


Figure 63: Présentation des trois premières étapes de l'algorithme

Suivant les combinaisons proposées nous sommes ramenés vers la production des formes primitives à travers leur découpe.

2-4 Description de la 4ème étape

La quatrième étape consiste à fournir le nombre de formes qui vont s'ajouter au stock après la découpe des pièces de zellige.

La découpe/usinage des céramiques industrielles a toujours été difficile en raison de leurs propriétés extrêmes qui limitent leurs applications.

De plus, en raison de leurs duretés et de leurs fragilités élevées, ces matériaux sont plus susceptibles de se fracturer.

Il est à remarquer que la découpe des pièces de zellige pourra s'effectuer par un ensemble de méthodes à savoir les méthodes manuelles qui nécessitent deux opérations, la première c'est une opération d'ébauche par l'usage d'un outil conique pour réaliser la dépouille nécessaire pour la bonne fixation des pièces entre elles par l'intermédiaire du liant et la deuxième c'est une phase de finition avec l'usage d'un deuxième outil de faible diamètre.

Les techniques de coupe alternatives telles que l'usinage par décharge électrique par fil, l'usinage par faisceau laser, l'usinage par jet d'eau abrasif et l'usinage hybride ont également été appliquées par divers chercheurs du monde entier pour couper la céramique. Peu de techniques réussissent à produire des surfaces de coupe précises et de haute qualité sans dégrader le matériau de base. Ces méthodes modernes ont le potentiel de surmonter les obstacles à la fabrication de composants d'ingénierie à partir de différents matériaux de céramiques.

IV- La transformation de l'algorithme en logiciel

Durant ce paragraphe nous allons essayer de décrire le logiciel que nous avons essayé de programmer sous VBA et qui est basé sur l'algorithme que nous avons proposé dans le chapitre précédent.

1- Présentation de l'interface traduisant la première étape de l'algorithme

Une fois que nous consultons l'application suite à la visite d'un client pour passer une commande, ce dernier va choisir un panneau décoratif tout en donnant la surface qu'il souhaite décorer en m².

La figure suivante illustre ce qui a été dit:

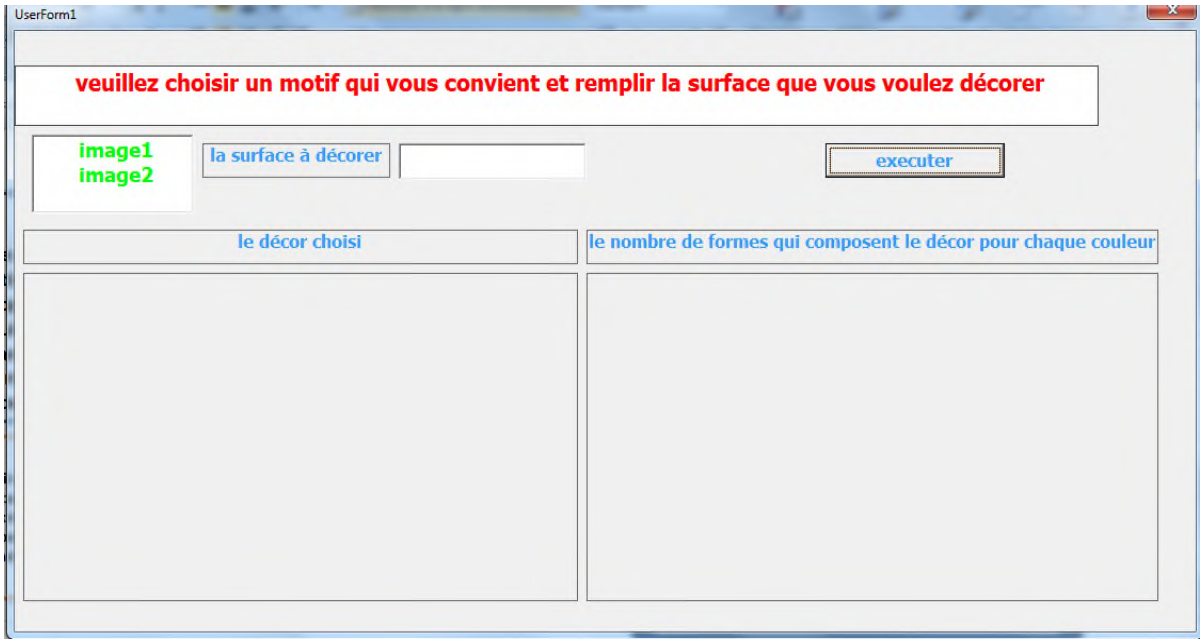


Figure 64: Interface du logiciel proposé pour l'optimisation des chutes suite à la production de pièces de zellige

Par exemple, si le client choisit la photo 2, un décor est affiché en présentant le nombre de formes qui composent ce dernier pour chaque couleur, la notion de couleur est très importante car le processus de fabrication des pièces en zellige comporte la phase de coloration des carreaux de l'argile et ensuite la phase de découpe. Ainsi, la notion de couleur est essentielle puisque l'optimisation des déchets se fera pour chaque carreau pour une couleur bien définie.

Ainsi, une fois que le client choisit l'image 2, la fenêtre suivante s'affiche (voir partie I CD: programmation de la liste déroulante):

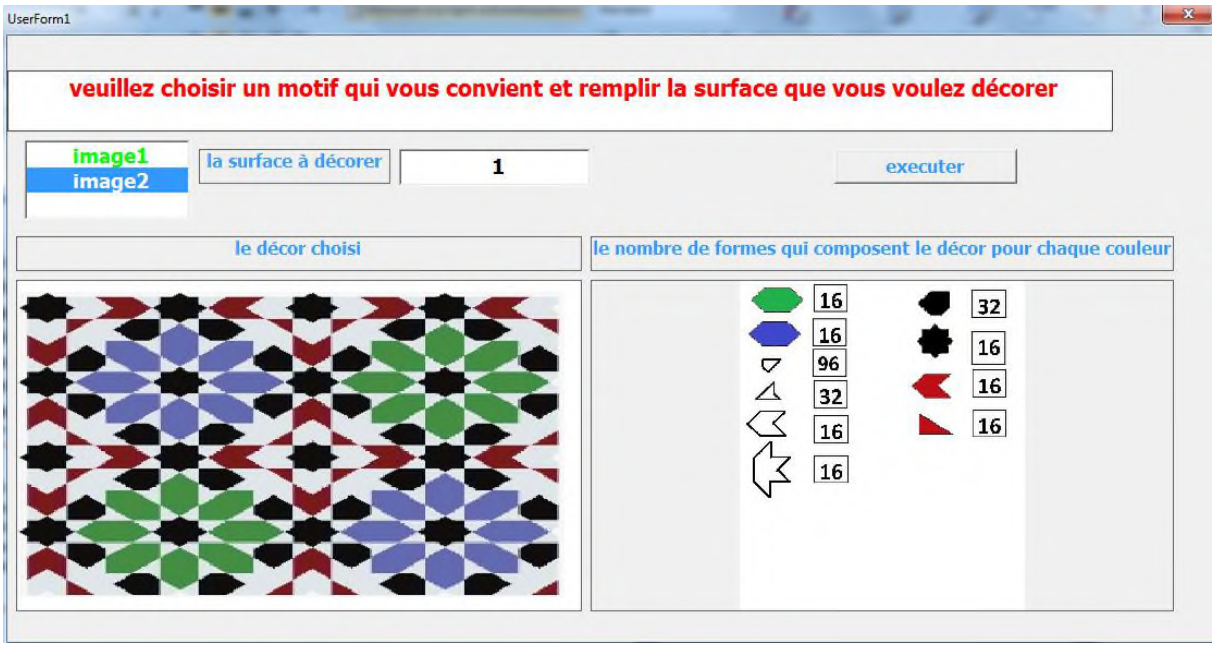


Figure 65: Choix du décor et fabrication de la surface à décorer en m²

Cette fenêtre permet d'avoir une idée sur le nombre de formes qui composent le décor choisi, à savoir 16 formes de couleur verte et bleue. Pour la couleur blanche, nous avons 96

formes du premier motif, 32 formes du second, 16 formes du troisième et quatrième motifs respectivement. Concernant la couleur noire, nous avons 32 formes du premier motif et 16 formes du second. Pour la couleur rouge, nous avons respectivement 16 formes du premier et deuxième motifs.

Après cela, nous cliquons sur le bouton "exécuter" la fenêtre suivante s'affiche (voir partie I CD programmation du bouton "exécuter") et qui va représenter la deuxième étape de l'algorithme que nous avons proposé:

2- Présentation de l'interface traduisant la deuxième étape de l'algorithme

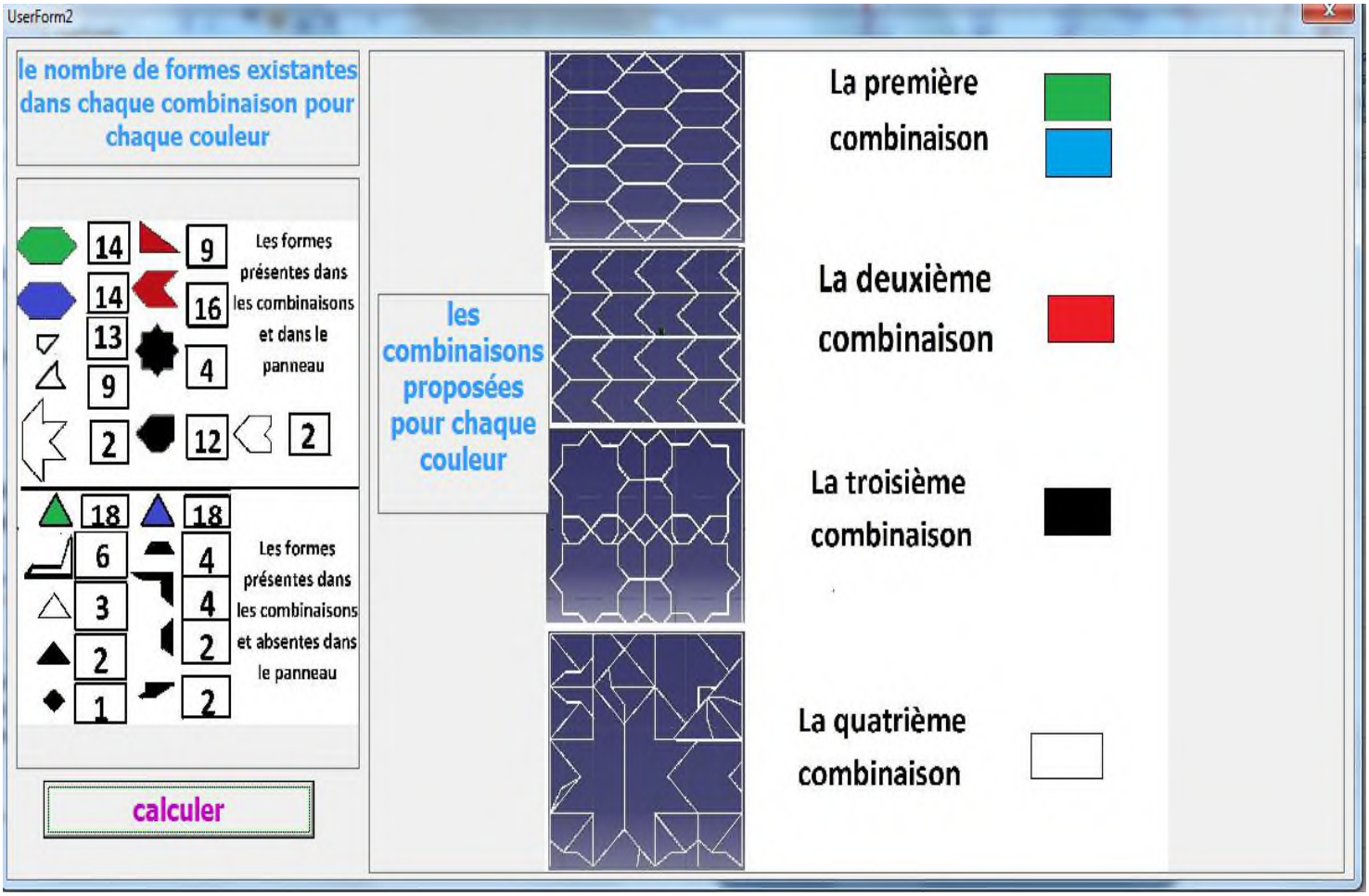


Figure 66: Les combinaisons proposées pour le décor choisi ainsi que les formes qui les composent

La fenêtre qui s'affiche présente les formes par couleur qui composent le décor. Aussi, elle présente les combinaisons entre ces formes par couleur ainsi que le nombre de formes existantes dans les combinaisons et dans le décor et le nombre de formes qui existent seulement dans les combinaisons et non pas dans le décor.

Ainsi, une fois que nous cliquons sur le bouton "calculer", la fenêtre suivante s'affiche (voir partie II CD: programmation du bouton "calculer") et qui permet de traduire la troisième étape de l'algorithme que nous avons proposé:

3- Présentation de l'interface traduisant la troisième étape de l'algorithme

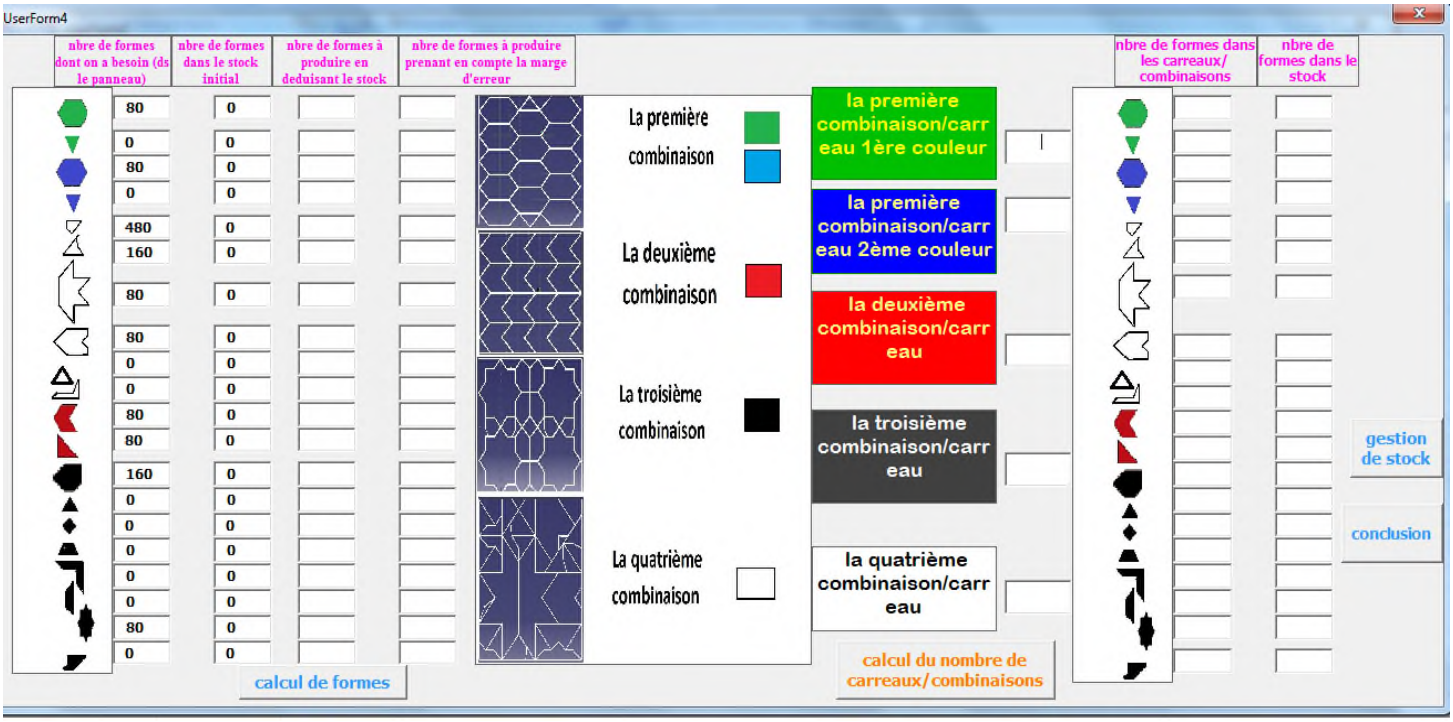


Figure 67: Affichage des formes nécessaires pour pouvoir décorer la surface choisie ainsi que celles existantes dans le stock initial

Cette fenêtre nous permet d'avoir une idée sur le nombre de formes dont nous avons besoin. Ainsi, si nous choisissons une surface à décorer de 1m² nous aurons besoin de 80 formes bleues et 80 formes vertes. En ce qui concerne la couleur blanche, nous avons besoin de 480 formes du premier motif, 160 formes du second, 80 formes du troisième et quatrième respectivement. Pour la couleur rouge, nous avons besoin de 80 formes du premier et deuxième motifs. Concernant la couleur noire, nous avons besoin de 160 formes du premier motif et de 80 formes du second.

Ces nombres sont obtenus en programmant la formule suivante:

Nombre de formes nécessaires = (Sd /Sp)* N.

Sd : la surface à décorer, elle va être choisie par le client.

Sp : la surface du panneau décoratif, généralement elle est prise de l'ordre de 0,2m².

N : nombre de formes dans le panneau décoratif pour chaque couleur et pour chaque forme.

Dans notre exemple :

La surface à décorer = 1m².

Surface du panneau=0,2 m²

Le tableau suivant résume les calculs effectués afin de retrouver le nombre de formes dont nous avons besoin (dans le panneau décoratif):

Tableau 11: Nombre de formes dans le panneau ainsi que le calcul des formes nécessaires pour décorer une surface de 1m².

Les motifs	Nombre de motifs dans le panneau (figure 65)	Nombre de motifs dont nous avons besoin
	16	(1/0,2)*16=80
	16	(1/0,2)*16=80
	96	(1/0,2)*96=480
	32	(1/0,2)*32=160
	16	(1/0,2)*16=80
	16	(1/0,2)*16=80
	32	(1/0,2)*32=160
	16	(1/0,2)*16=80
	16	(1/0,2)*16=80
	16	(1/0,2)*16=80

Au départ, le stock initial est vide. Donc, il n'y a pas de forme dans le stock.

Après cela, nous cliquons sur le bouton "calcul de formes" afin de pouvoir calculer le nombre de motifs (formes) qu'il faut produire. Cela se fait à travers:

- Le calcul du nombre de formes en déduisant le stock.
- Le calcul du nombre de formes en prenant en compte la marge d'erreur.

Les calculs effectués se trouvent dans la figure suivante (voir partie III CD: programmation du bouton "calcul des formes"):

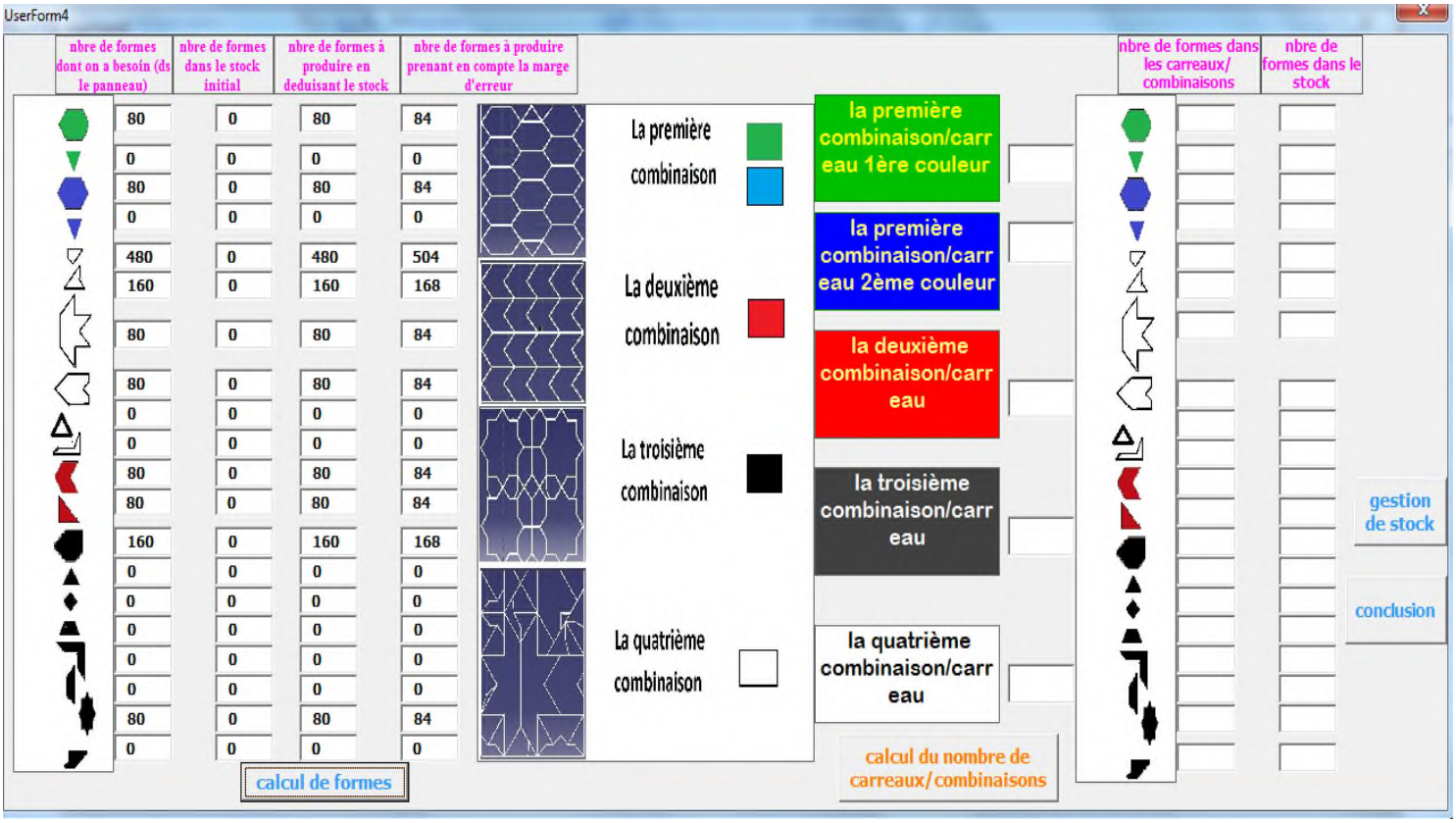


Figure 68: Calcul du nombre de formes à produire

Pour le nombre de formes à produire en déduisant le stock, nous pouvons le définir comme étant la différence entre le nombre de formes dont nous avons besoin et le nombre de formes existantes dans le stock initial.

De même, nous prenons 5% comme une marge d'erreur permettant de couvrir les incidents qui peuvent survenir lors de la découpe. Pour cela, nous allons essayer de majorer le nombre de motifs dont nous avons besoin en déduisant le stock de 5% afin de pouvoir retrouver le nombre de formes à produire en prenant en compte la marge d'erreur. Et c'est ce dernier qui devra être produit et sur lequel nous allons raisonner afin de calculer le nombre de carreaux qui devront être découpés en suivant les combinaisons proposées.

Après cela, on clique sur le bouton "calcul du nombre de carreaux/combinaisons". La figure suivante s'affiche (voir partie III CD: programmation du bouton "calcul du nombre de carreaux/combinaisons"):

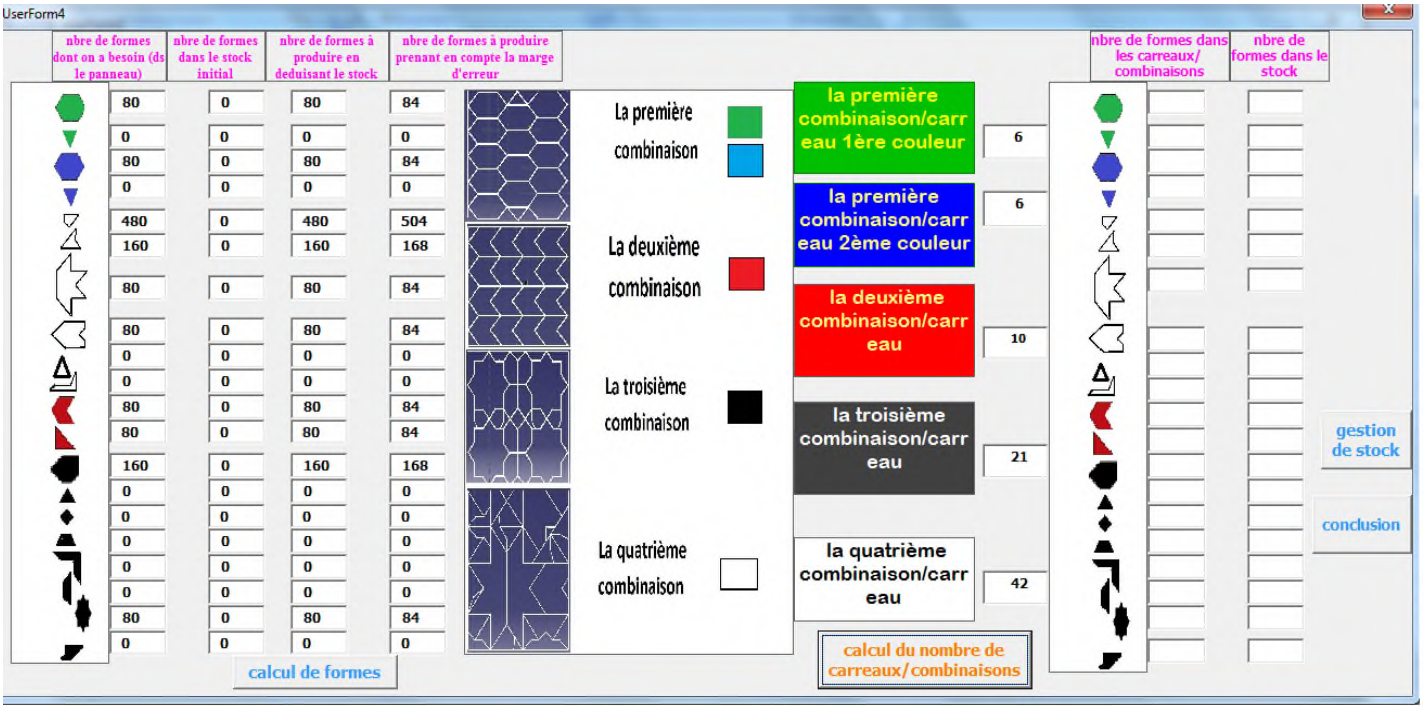


Figure 69: Calcul du nombre de carreaux à produire par couleur tout en suivant les combinaisons proposées

Après avoir calculé le nombre de formes qu'il faut produire, nous sommes ramenés vers le calcul du nombre de combinaisons optimales (dont nous avons besoin) pour pouvoir exécuter la commande et décorer la surface choisie. Par conséquent, le tableau 12 résume les calculs effectués, ci-joint nous trouvons les combinaisons proposées pour le décor choisi ainsi que le nombre de formes qui les constituent, ce qui nous permettra de calculer le nombre de carreaux de base (Contenants) qu'il faudra produire selon les combinaisons proposées.

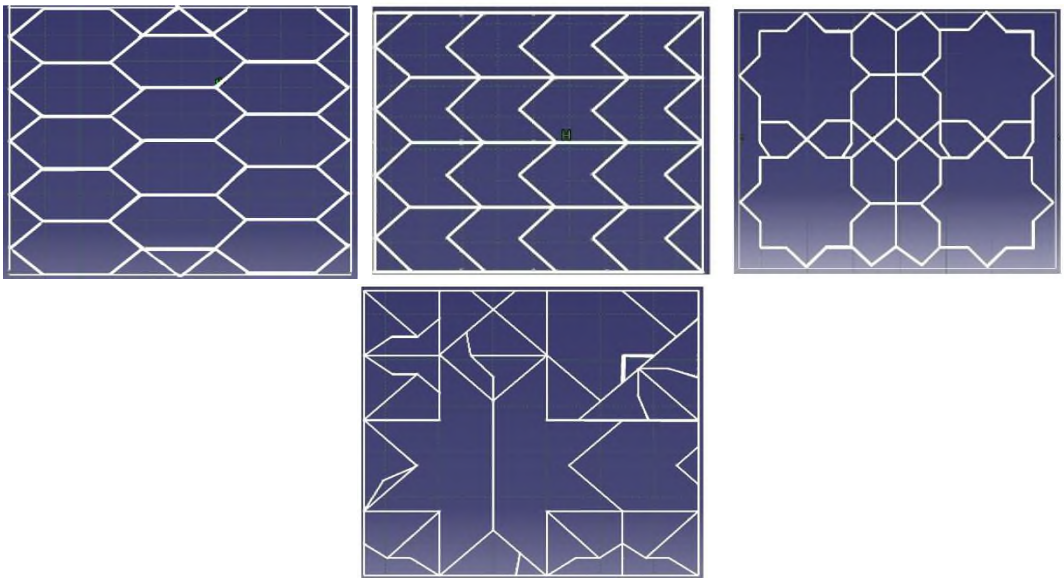


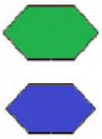
Figure 70: Les combinaisons proposées pour le décor choisi

Le tableau suivant résume le nombre de formes dans les combinaisons mentionnées ci-dessus. De plus, il nous donne le nombre de formes nécessaires (nous prenons les résultats de

la figure 69) ainsi que le nombre de combinaisons nécessaires à produire pour décorer la surface choisie par le client. Pour cela, nous utilisons la formule ci-dessous:

Si (formes nécessaires/formes pour chaque combinaison) est un entier
Alors
Combinaisons = valeur entière (formes nécessaires/formes pour chaque combinaison)
Sinon
Combinaisons = valeur entière (formes nécessaires/formes pour chaque combinaison) + 1

Tableau 12: Calculs effectués pour trouver le nombre de combinaisons nécessaires

	Formes dans les combinaisons pour chaque couleur	Nombre de formes dans les combinaisons	Nombre de formes à produire en prenant en compte la marge d'erreur (figure 69)	Calcul des combinaisons nécessaires
première combinaison	 et	14	84	Int (84\14) =6
deuxième combinaison		16	84	Int (84\16)+1=6
		9	84	Int (84\9)+1=10
Troisième combinaison		12	168	Int(168\12) =14
		4	84	Int (84\4)=21
quatrième combinaison		13	504	Int(504\13)+1=39
		9	168	Int (168\9)+1=19
		2	84	Int (84\2)=42
		2	84	Int (84\2) =42

Ainsi, nous concluons que pour décorer une surface de 1m² nous avons besoin de 12 carreaux découpés suivant la première combinaison, 6 de couleur verte et 6 de couleur bleue.

Pour la 2ème combinaison, nous avons besoin de 10 carreaux de couleur rouge. Parce que, en se référant au tableau ci-dessus, nous remarquons que pour produire des formes rouges, nous avons besoin de 6 ou 10 combinaisons, ce qui signifie que nous allons produire 10 carreaux à découper suivant la deuxième combinaison.

Pour la troisième combinaison et en se référant au tableau ci-dessus pour les formes noires, nous remarquons qu'il faut produire 21 carreaux suivant la troisième combinaison.

Pour la quatrième combinaison et en se référant au tableau ci-dessus pour les formes blanches, nous remarquons qu'il faut produire 42 carreaux suivant la quatrième combinaison.

A noter que ces combinaisons contiennent des formes que nous sommes ramenés à calculer leurs nombres en cliquant sur le bouton "gestion des stocks" (voir tableau 13). Aussi, cela

nous permettra de trouver le nombre de formes qui seront stockées après le découpage des tuiles de carreaux de l'argile suivant les combinaisons proposées et la décoration de la surface choisie.

Ainsi, en cliquant sur le bouton "gestion du stock", nous trouvons la figure suivante (voir CD partie IV: programmation du bouton "gestion du stock") qui représente la quatrième étape de l'algorithme que nous avons proposé:

4- Présentation de l'interface traduisant la quatrième étape de l'algorithme

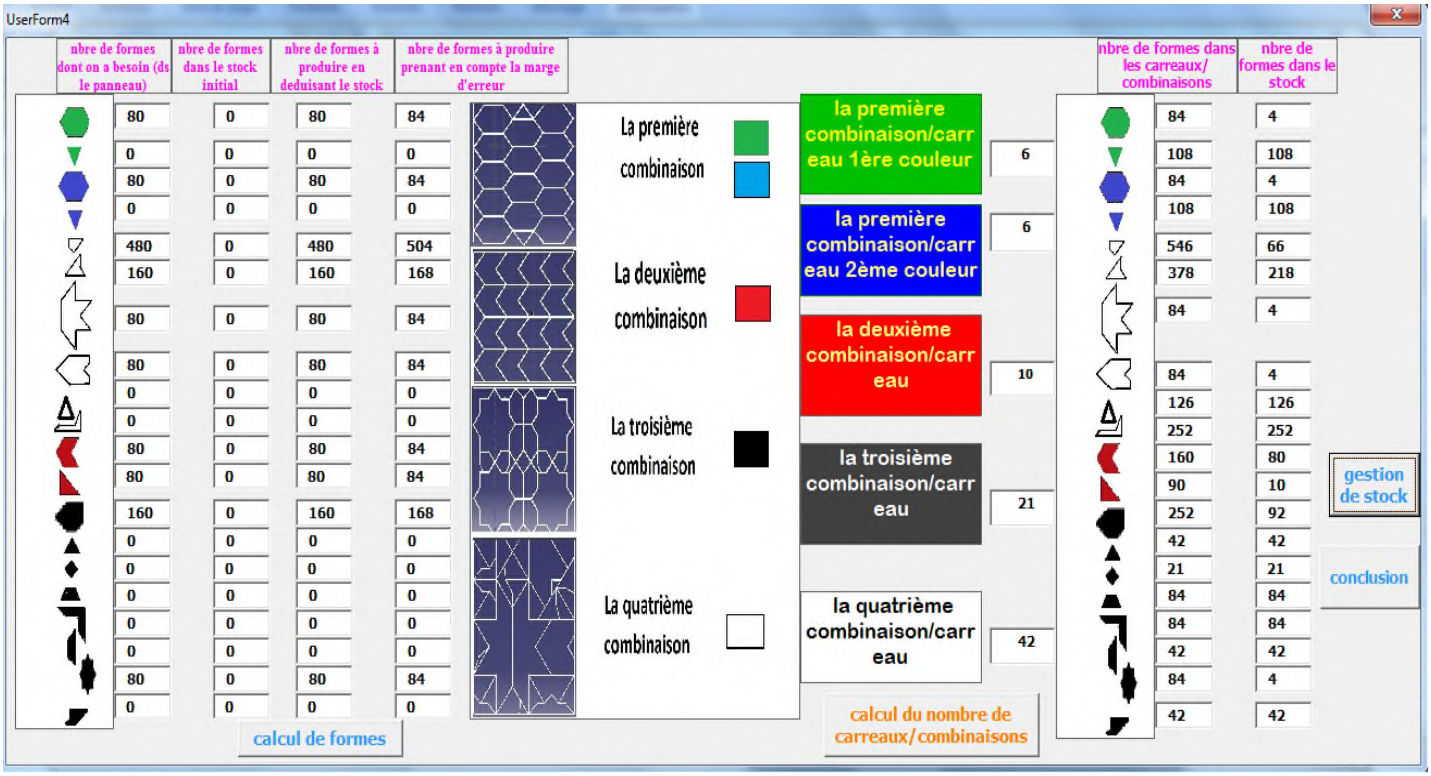


Figure 71: Affichage du nombre de formes contenues dans chaque combinaison ainsi que le nombre de formes existantes en stock après exécution de la commande

Le tableau suivant nous permet de calculer le nombre de formes dans chaque combinaison afin de produire la commande faite par le client.

Tableau 13: Calcul du nombre de formes pour chaque combinaison

	Formes existantes dans les combinaisons par couleur	Nombre de formes dans chaque combinaison (à partir de la figure 66)	Nombre de combinaisons (à partir du tableau précédent)	Nombre de formes dans les combinaisons
1ère combinaison 1ère couleur		14	6	14*6=84
		18		18*6=108
1ère combinaison 2ème couleur		14	6	14*6=84
		18		18*6=108
deuxième combinaison		16	10	16*10=160
		9		9*10=90
Troisième combinaison		12	21	12*21=252
		4		4*21=84
		2		2*21=42
		1		1*21=21
		4		4*21=84
		4		4*21=84
		2		2*21=42
		2		2*21=42
quatrième combinaison		13	42	13*42=546
		9		9*42=378
		2		2*42=84
		2		2*42=84
		6		6*42=252
		3		3*42=126

De même, pour le calcul du nombre de formes dans le stock nous sommes ramenés à déterminer la différence entre le nombre de formes dans les combinaisons et le nombre de formes que nous sommes ramenés à produire, le tableau 14 présente les résultats retrouvés:

Formes en stock = formes en combinaisons – formes exactes à produire.

Les formes exactes à produire sont les formes nécessaires en déduisant le stock initial.

Tableau 14: Calcul des formes existantes en stock après exécution de la commande

Les formes	Nombre de formes dans les combinaisons (tableau 13)	Nombre de formes exactes à produire (figure 68)	Nombre de formes dans le stock
	84	80	4
	108	0	108
	84	80	4
	108	0	108
	160	80	80
	90	80	10
	252	160	92
	84	80	4
	42	0	42
	21	0	21
	84	0	84
	84	0	84
	42	0	42
	42	0	42
	546	480	66
	378	160	218
	84	80	4
	84	80	4
	252	0	252
	126	0	126

Puis, une fois le nombre de formes à stocker est calculé, ce dernier est ajouté au stock initial pour une utilisation future.

Enfin, nous terminons par la présentation d'une fenêtre qui donne une conclusion à l'artisan afin de savoir combien de carreaux de base (Contenants) doit produire et quelles combinaisons doit suivre afin de découper les formes optimales de zellige pour fabriquer le motif choisi par le client. Ainsi, le logiciel proposé aura un impact positif sur l'environnement puisque les déchets générés par la découpe du zellige vont diminuer, la fenêtre de conclusion est présentée dans la figure suivante (voir CD partie IV: programmation du bouton "conclusion"):

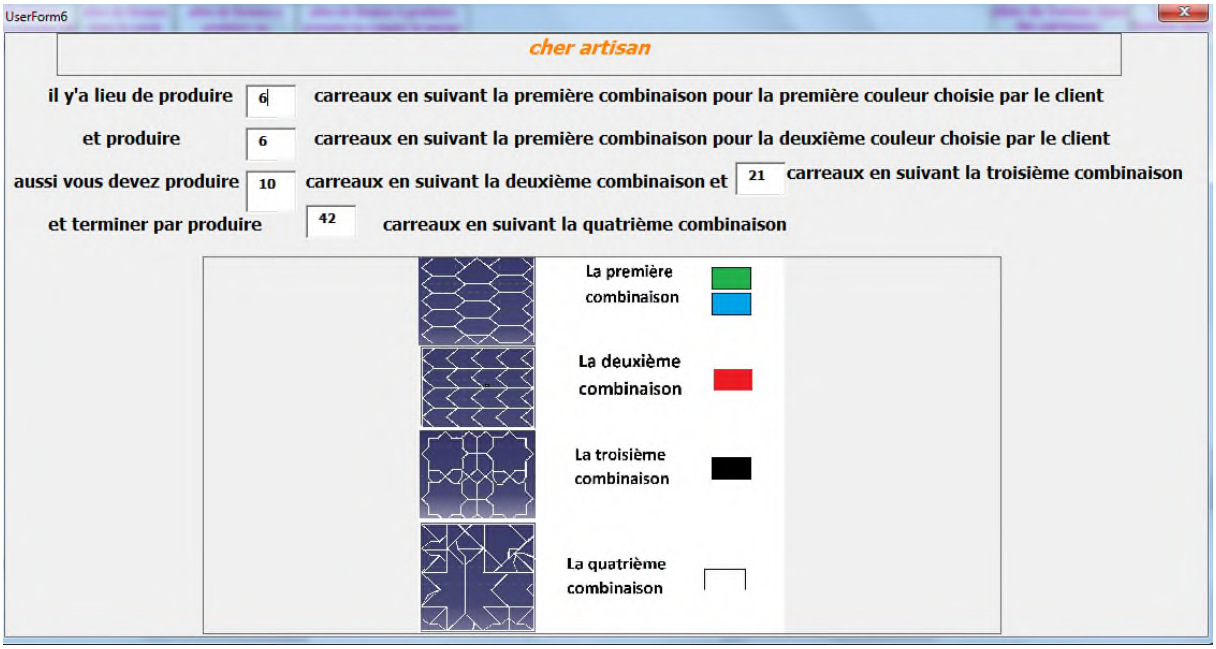


Figure 72: Présentation de la fenêtre de conclusion

A travers ce logiciel, nous avons essayé de proposer une méthode basée sur des combinaisons entre des formes de même couleur et ayant des angles et des dimensions en commun. En effet, notre logiciel aura des données d'entrée basées sur plusieurs décorations, le client doit choisir le type parmi une base de données déjà élaborée également il doit fournir la surface S à décorer en m². Une fois le choix effectué, nous sommes ramenés au filtrage des formes composant le décor choisi par couleur ainsi qu'à l'identification de leurs nombres. Après cela, et selon le décor choisi, le logiciel propose un ensemble de combinaisons optimales d'une même couleur tout en donnant le nombre de formes par couleur qui composent chaque combinaison, le résultat final sera le nombre de carreaux de base (Contenants) qui doivent être produits en suivant les combinaisons déjà mentionnées précédemment, ce nombre de carreaux sera calculé à partir du nombre de formes que nous devons produire et qui est calculé en fonction de la surface que le client souhaite décorer.

Cela nous permettra de calculer le nombre de formes qui seront stockées et qui représente la différence entre les formes existantes dans les combinaisons produites et les formes qui seront utilisées pour décorer la surface choisie par le client.

Le secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc rencontre un certain nombre de problèmes parmi lesquels nous retrouvons le gaspillage de la matière première qui peut se retrouver sous divers aspects, à savoir les déchets liés à la découpe de la matière première. Par conséquent, cet outil nous fournit le nombre de carreaux que nous devons produire en suivant des combinaisons précises ainsi que le nombre de formes qui seront stockées pour une utilisation future.

Ainsi, cet outil peut être utilisé comme un PLM au sein de la filière zellige puisqu'il peut assurer :

- Le partage d'informations et le travail en réseau: Nous constatons que tous les artisans peuvent consulter l'application basée sur l'algorithme proposé sans tenir compte de leur localisation ce qui pourra assurer un travail en réseau efficace ainsi que le partage égal des informations.

- Réduction des coûts: Grâce à la réduction de l'utilisation de la matière première, les coûts diminueront ce qui assurera une réduction des charges.
- Optimisation de la gestion: Le partage et l'exploitation des informations ainsi qu'une gestion efficace des projets puisque l'application peut être utilisée en même temps par plusieurs artisans sans tenir compte de la distance qui les sépare tout en partageant les informations entre eux.
- Accélération de l'innovation: La méthodologie proposée peut jouer un rôle clé à travers la formalisation des exigences clients et l'intégration des processus technologiques au sein de la filière zellige, cette méthodologie assure un premier pas vers une innovation maîtrisée en phase avec le marché puisqu'elle pourra garantir une rationalisation de l'utilisation de la matière première de manière structurée.
- Augmentation des marges de service de l'entreprise: Noter que cette méthodologie peut être améliorée pour inclure le service après-vente ainsi que l'analyse de la performance des produits, ce qui peut améliorer les ventes de services associés.

V- Evaluation de l'application

1- présentation du décor et des formes qui le composent

Si nous choisissons le décor suivant:

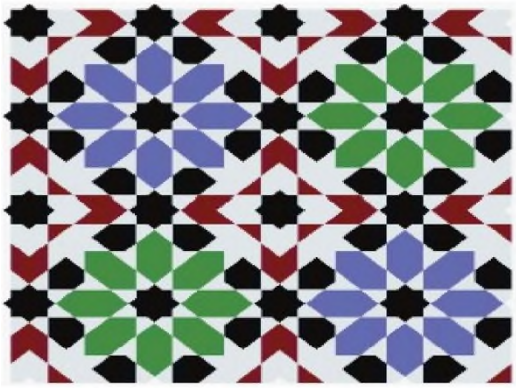


Figure 73: Le format CAO du décor

Ce décor contient 5 catégories de couleur à savoir: la couleur verte, bleue, noire, rouge et blanche.



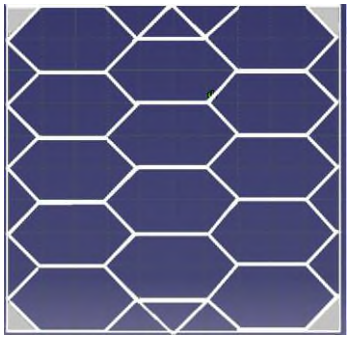
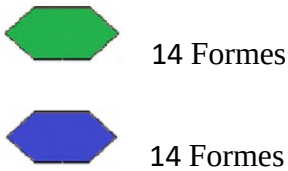
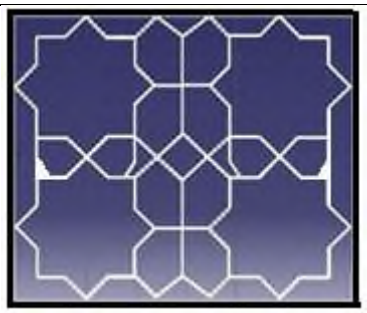
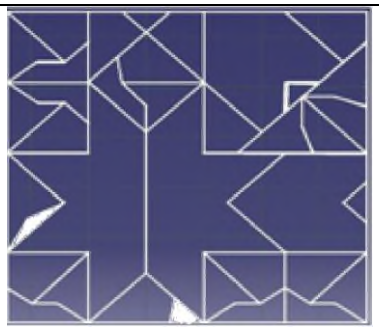
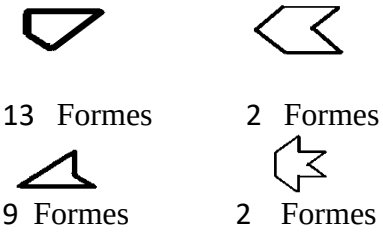
16 formes 32 formes 16 formes 96 formes 16 formes 32 formes



16 formes 16 formes 16 formes 16 formes

Comme nous avons déjà vu précédemment, le placement optimal des formes de couleur verte et bleue, noire et blanche se fera en fonction des combinaisons suivantes:

Tableau 15: Les combinaisons entre les formes de même couleur et le nombre de formes qu'elles comportent

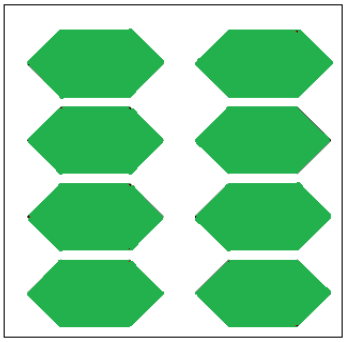
Les combinaisons	Les formes contenues dans chaque combinaison
	
	
	
	

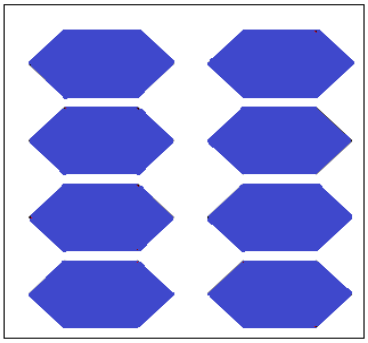
La surface du panneau décoratif choisi par le client est de 1/5 m². Alors, suite à l'usage des combinaisons proposées, et pour décorer une surface d'aire S = 1m², nous aurons besoin de 85 panneaux (voir figure 72): 6 panneaux verts, 6 panneaux bleus avec des déchets (partie gris dans la première combinaison) de l'ordre de 2%, 10 panneaux rouges déchets (partie gris dans la deuxième combinaison) de l'ordre de 1%, 21 panneaux noirs (partie blanche dans la troisième combinaison) de l'ordre de 1%, 42 panneaux blancs (partie blanche dans la

quatrième combinaison) de l'ordre de 4% de la surface du carreau de base afin de produire le décor choisi par le client.

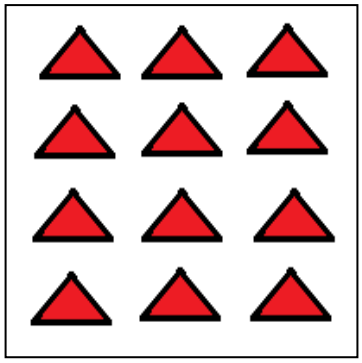
2- Comparaison avec les méthodes traditionnelles

L'usage des méthodes traditionnelles imposent de laisser une partie vide entre les formes primitives afin de permettre au marteau d'enlever la forme nécessaire pour la réalisation du décor. Ci-joint nous essayons de présenter la modélisation des carreaux de base de l'argile ainsi que le traçage des formes primitives par l'usage des méthodes de découpe traditionnelles.



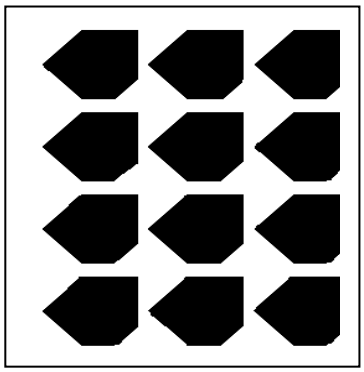


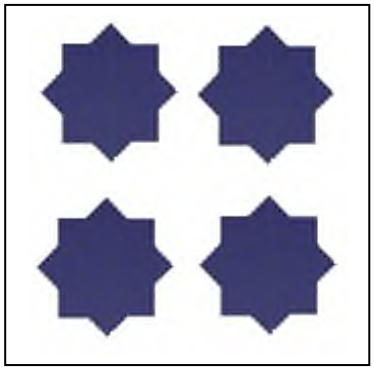
La découpe par l'usage des méthodes traditionnelles pour les formes vertes et bleues



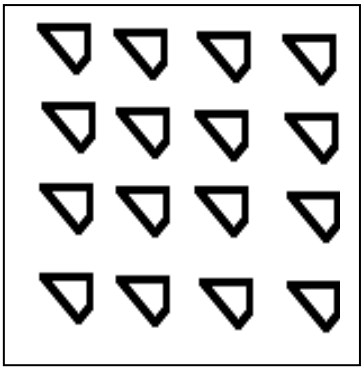


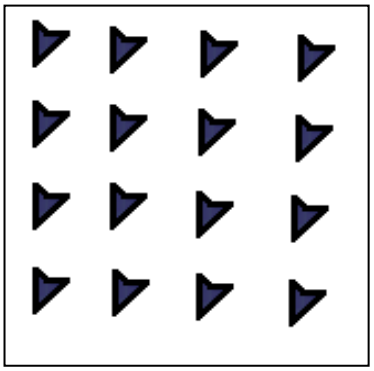
La découpe par l'usage des méthodes traditionnelles pour les formes rouges

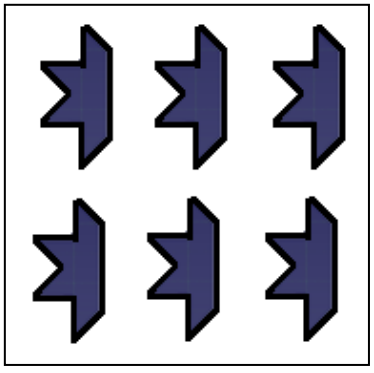


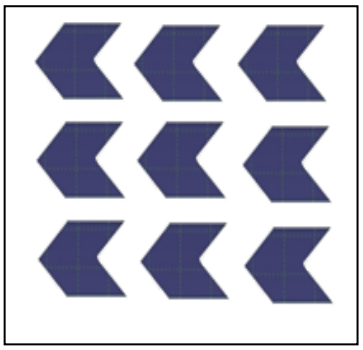


La découpe par l'usage des méthodes traditionnelles pour les formes noires









La découpe par l'usage des méthodes traditionnelles pour les formes blanches.

Figure 74: Découpage des formes de couleur verte, bleue, rouge, noire et blanche par l'usage des méthodes traditionnelles

Alors, tout en se référant à l'ensemble de ces formes nous remarquons que les déchets (la partie blanche dans les carreaux précédents) constituent environ 50% de la surface du carreau.

Il est à remarquer que la réalisation du décor par l'usage des méthodes traditionnelles implique l'utilisation de la découpe suivant les formes précédentes. Alors, la surface du panneau décoratif est de 1/5 m², et dans notre exemple nous voulons décorer une surface de 1m². Donc, nous aurons besoin de 5 panneaux décoratifs pour exécuter la commande:

Tableau 16: Calcul du nombre de carreaux à produire par l'usage des méthodes traditionnelles

Formes à produire	Nombre de formes existantes dans le panneau décoratif (1/5 m²)	Nombre de formes nécessaires pour décorer la surface choisie (1m²)	Nombre de formes dans chaque carreau de base coupé par la méthode traditionnelle	Nombre de carreaux à produire par l'usage des méthodes traditionnelles
	16	80	8	80/8 = 10
	16	80	8	80/8 = 10
	16	80	9	80/9 ≈ 9
	16	80	12	80/12 ≈ 7
	32	160	12	160/12 ≈14
	16	80	4	80/4 = 20
	96	480	16	480/16 = 30
	32	160	16	160/16 = 10
	16	80	9	80/9 ≈ 9
	16	80	6	80/6 ≈ 14

Donc tout en comparant les deux méthodes utilisées, nous retrouvons par exemple pour la couleur rouge:

Tout en utilisant la méthode traditionnelle actuelle utilisée dans les ateliers, nous aurons besoin de 9 carreaux de base découpés suivant cette forme  et de 7 carreaux de base découpés suivant cette deuxième forme . Soit un total de 16 carreaux de base. Par contre, si nous utilisons la méthode que nous avons déjà proposée auparavant, nous aurons besoin de 9 carreaux de base découpés suivant les combinaisons proposées. Alors pour le calcul du gain par couleur nous utilisons l'indicateur suivant:

GC = (CTC- CMC)/CTC

GC: Le gain en carreau de base par couleur

CTC: Total des carreaux découpés par l'usage de la méthode traditionnelle pour chaque forme et pour chaque couleur

CMC: Nombre de carreaux à produire pour chaque couleur suite à l'usage de notre méthode

Donc, pour la couleur rouge nous retrouvons un gain de (16-10) /16 ≈ 37,5%.

Concernant le gain en matière première pour l'ensemble des formes, nous avons retrouvé certains résultats rassemblés dans le tableau suivant:

Tableau 17: Calcul du gain en carreau de base par l'usage de la méthode proposée

Formes à produire	Nombre de carreaux à produire par l'usage de la méthode traditionnelle	Nombre de carreaux à produire par l'usage de notre méthode proposée	Le gain en carreaux de base par couleur
	10	6	40%
	10	6	40%
	9	10	37,5%
	7		37,5%
	14	21	42%
	20		42%
	30	42	34%
	10		34%
	9		34%
	14		34%

Globalement, l'usage de la méthode traditionnelle va engendrer une production de 133 carreaux contre 85 carreaux de base suite à l'usage de notre méthode se basant sur la notion des combinaisons proposées précédemment.

Alors, le gain global se calcul à travers l'indicateur suivant:

GG = (CT – CM)/CT

GG: Gain global

CT: nombre de carreaux à produire par l'usage de méthode traditionnelle.

CM: nombre carreaux à produire par l'usage de notre méthode.

Tout en appliquant l'indicateur suivant nous retrouvons un résultat de:

GG = (133 – 85)/ 133 ≈ 37%.

A vrai dire, nous remarquons que la méthode proposée va assurer un gain au niveau de la matière première et de l'énergie ce qui va se répercuter par la suite sur les couts de production. Le paragraphe suivant va présenter l'ensemble des avantages et difficultés relatifs à notre algorithme que nous avons transformé en un logiciel.

3- Les avantages et les difficultés qui peuvent être retrouvées suite à l'implémentation de l'outil

A vrai dire, l'outil que nous proposons aura plusieurs bénéfices en faveur du secteur de l'économie sociale solidaire au Maroc et surtout pour les filières qui retrouvent un problèmes de gaspillage de la matière première tout au long du processus de fabrication de leur produit final, le tableau suivant va résumer les avantages et les difficultés pouvant être retrouvés suite à l'instauration de l'outil proposé au sein des entreprises.

Tableau 18: Les avantages et les difficultés par rapport à l'outil proposé

Avantages de l'outil	difficultés de l'outil
L'outil pourra être considéré comme un PLM au sein de l'industrie artisanale et plus précisément au sein de toute industrie réalisant la phase de découpe au sein de son processus de production (céramique, verre, tôle, bois,....). Rationalisation de l'usage de la matière première et par la suite la minimisation de la quantité utilisée lors de la production ce qui pourra générer des bénéfices écologiques et environnementaux. Diminution du cout de production puisque l'utilisation de la matière première sera minimale ce qui va se répercuter sur le cout de production. Augmentation des marges services des entreprises relevant de la filière du zellige (ou bien des filières réalisant la phase de découpe) la diminution de la matière première utilisée va permettre de baisser les prix qui devra être faite de manière à ce que la hausse des volumes de ventes soit suffisante à augmenter la marge commerciale de l'entreprise. Participer dans l'organisation et la	L'outil peut engendrer des problèmes relatifs à l'investigation de la technologie au sein de l'entreprise artisanale c'est-à-dire la compréhension des enjeux de l'introduction de la technologie ainsi que ses réalités ce qui risque d'impacter négativement les intérêts de l'entreprise. D'autre part, des problèmes en lien avec l'intégration et l'acceptation de la technologie. Alors, nous pouvons déduire que cela est en forte liaison avec le manque du savoir-faire et des connaissances techniques qui demeurent primordiales pour une intégration efficace de la technologie ce qui mène les entreprises à penser que l'intégration de la technologie pourra impacter négativement leur produit. Il est à remarquer que d'autres difficultés peuvent être observées, il s'agit de confronter certaines difficultés en forte liaison avec le fait de retrouver des compétences capables de participer d'une manière professionnelle dans l'intégration de la technologie dans le processus de production. Pour cela, un ensemble de compétences doit être formé

structuration du secteur puisque l'outil va permettre d'instaurer la culture du recyclage au sein de l'industrie relevant de la filière de zellige puisqu'il va présenter le nombre exact de formes qui vont être stockées pour une prochaine utilisation. L'outil utilisé aura plusieurs bénéfices en ce qu'il permettra de présenter une aide à la décision à l'artisan qui va exécuter la découpe des carreaux de l'argile en formes primitives en lui assurant un conseil vis-à-vis du nombre de carreaux qui devront être produits en suivant certaines combinaisons présentées en fonction du décor choisi par le client. Aussi, l'outil va assurer un gain de la matière première en des pourcentages élevés suite à l'usage des combinaisons proposées à travers lesquelles l'artisan va exécuter la découpe des carreaux de l'argile. L'outil proposé aura des avantages écologiques et environnementaux en garantissant une limitation de la consommation de l'énergie de découpe et l'utilisation de la matière première, et de minimiser les chutes générées par la production ce qui aura sans doute des effets écologiques positifs.	pour assurer une pratique meilleure de la technologie.

VI- Conclusion

L'objectif de nos recherches est l'intégration du PLM au sein des petites structures et plus précisément au sein des entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc. Ainsi, nous constatons que ce dernier nécessite le développement d'un ensemble de processus de plus en plus collaboratifs où tous les acteurs sont encadrés et assistés par un ensemble de solutions et de moyens assurant une facilitation de leurs activités quotidiennes tout en privilégiant les notions d'échange, contribution et partage des tâches d'une manière organisée. Pour cette raison, les entreprises doivent fournir un ensemble d'outils comme PLM, ERP, etc afin qu'elles puissent améliorer leur efficacité et leur productivité. Cependant, cette introduction peut mettre l'entreprise devant un ensemble de barrières à surmonter.

le développement des liens sous forme de plateformes logicielles reste l'un des objectifs tracés par l'intégration du PLM au sein d'une industrie afin de permettre une gestion efficace des données tout en assurant la communication des informations entre tous les acteurs du projet, ce qui garantit une prise de décision efficace.

Il faut savoir que l'introduction de certains outils jouant le rôle de PLM au sein du secteur de l'économie sociale peut aider à tracer le cycle de vie du produit artisanal tout au long de son parcours. En ce qui concerne l'outil que nous proposons dans notre étude, il dispose de certaines fonctionnalités aidant les artisans opérant dans le secteur du zellige à réduire les déchets de matière première tout en développant quelques combinaisons entre des formes primitives soit par angles soit par cotes ce qui nous permet d'avoir un gain au niveau de la matière première et par la suite un gain au niveau du cout de production finale ce qui représente l'un des objectifs tracés par le PLM.

A vrai dire, L'étude que nous proposons dans le présent chapitre s'articule autour du thème de la mise en place d'un outil de gestion du cycle de vie des produits au sein de la filière zellige. En effet, nous essayons de suivre une approche en trois étapes. Dans un premier temps, nous cherchons à identifier le problème où la technologie (PLM) peut intervenir, à savoir les problèmes de découpe. Dans un deuxième temps, nous proposons un algorithme pour résoudre le problème identifié et qui a été l'objet d'une demande de brevet que nous avons déposée au sein de l'OMPIC et qui s'intitule: Méthode d'optimisation des carreaux de céramique utilisant une conception assistée par ordinateur (voir document brevet). Et dans un troisième temps nous tentons de transformer l'algorithme en un logiciel qui jouera le rôle du PLM au sein de la filière zellige. Ainsi, le logiciel aura des données d'entrée basées sur plusieurs décorations et le client devra choisir le type de décor à travers une base de données déjà élaborée. De plus, il doit fournir la surface S à décorer en m². Après cela, le logiciel va filtrer les formes composant le décor choisi et enfin le logiciel va présenter les combinaisons entre les formes d'une même couleur et le nombre de formes par couleur dans chaque combinaison. Les résultats de notre logiciel sont le nombre de carreaux qu'il faut produire suite aux combinaisons entre les formes qui composent le décor selon la surface présentée et le nombre de formes qu'il faut ajouter au stock pour une prochaine utilisation. D'autant plus, nous présentons une étude comparative entre les méthodes traditionnelles utilisées par les artisans et notre méthode basée sur l'élaboration des combinaisons. Cette comparaison stipule que la découpe des carreaux de base par l'usage des combinaisons a des bénéfices

économiques, écologiques et environnementaux puisque la méthode proposée permet une minimisation des chutes en des pourcentages importants.

Chapitre 4: les aspects organisationnels de l'instauration du PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire au Maroc

I- Introduction

Le PLM pourra être conçu comme étant une démarche ayant plusieurs avantages tant au niveau technique qu'au niveau organisationnel. Actuellement, ce genre d'approches assure une intégration d'une multitude de méthodes et de techniques de management des informations relatives au produit depuis l'intégration de l'idée jusqu'à la fin du cycle de vie du produit.

Pour favoriser l'intégration du PLM au sein d'une industrie quelle que soit sa taille à savoir les petites structures, il est essentiel d'assurer une communication efficace entre l'ensemble des systèmes de l'entreprise. Pour cela, il est indispensable d'étudier la problématique du changement organisationnel afin de pouvoir résoudre l'ensemble des difficultés relatives à la communication, à la coopération et à l'échange de données et de services puisque la résolution de cette problématique permet une favorisation de l'intégration du PLM afin de pouvoir assurer une gestion efficace et pertinente ainsi que le dépassement des freins qui entravent le travail collaboratif au sein des entreprises à savoir le secteur de l'économie sociale et solidaire marocain.

Ce chapitre dresse une présentation et une étude de la problématique du changement organisationnel en commençant dans une première partie par une présentation de la notion de l'intégration ainsi que son implication sur l'instauration du PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire à savoir les changements qui peuvent se produire au sein de l'entreprise ainsi que les problèmes qui peuvent se poser par la gestion du changement. Deuxièmement, nous sommes ramenés vers l'étude de l'apprentissage organisationnel tout en commençant par donner un bref aperçu sur les notions des connaissances et des compétences ainsi que sur l'apprentissage et sa relation avec le changement organisationnel. Dans une troisième partie, nous avons jugé essentiel d'étudier le changement organisationnel au sein du secteur de zellige à travers la description d'un ensemble d'options permettant l'organisation et répartition des tâches au sein de la filière de zellige à savoir: La gestion des utilisateurs, la gestion de la commande, la gestion des réclamations et la gestion des couts. Et finalement, nous avons essayé d'implémenter le logiciel proposé avec l'ensemble des fonctionnalités proposées auparavant au sein de deux entreprises pilotes pour pouvoir détecter une multitude de freins pouvant bloquer le travail collaboratif ainsi que les changements organisationnels pouvant se présenter suite à cette implémentation.

II- Introduction du PLM comme outil technologique: changement organisationnel

Le sujet du changement organisationnel se présente comme un facteur nouveau pour l'entreprise artisanale marocaine et qui nécessite un effort colossal puisque l'instauration d'un changement bien déterminé au sein de l'entreprise va nécessiter un effort d'adaptation de la part des responsables de l'entreprise et de l'ensemble des parties prenantes. Pour cela, il est primordial d'étudier la notion d'intégration et d'adaptation.

1- Une vue générale sur la notion d'intégration

La notion d'intégration peut être assimilée au sujet de socialisation organisationnelle c'est à dire de la manière que les entreprises préfèrent utiliser afin de soutenir la socialisation de leurs collaborateurs. Mais, cette définition reste vague. Du coup, plusieurs approches se sont intervenues afin de la compléter.

Le dictionnaire de Larousse définit l'intégration comme "l'action d'intégrer est le fait pour quelqu'un, un groupe, de s'intégrer à, dans quelque chose". Selon Locaze (2007), nous pouvons associer l'intégration à l'action managériale. L'intégration renvoie au fait d'accompagner un nouveau salarié afin de pouvoir dominer l'ensemble des aspects techniques de son emploi et de bien assimiler le rôle qui lui est attribué et ayant un lien direct avec l'environnement culturel et social propre à l'organisation. Du coup, l'intégration permet d'achever la procédure de recrutement dans une optique d'efficacité et d'efficience du salarié à long, à moyen et à court termes [107].

D'après Hulin (2007), l'intégration pourra être observée comme étant la stratégie assurant l'identification des conséquences attendues d'une intégration accomplie. Alors, selon Hulin: "Une intégration réussie est distinguée par l'existence de nouveaux collaborateurs présentant un niveau respecté de satisfaction au travail, d'engagement organisationnel et de contentement au travail,.... et un faible pourcentage d'absentéisme, de conflits des rôles, d'ambigüité..." [108].

2- Rappel des facteurs influençant le processus d'intégration dans les entreprises ainsi que ses étapes

Le processus d'intégration dans une entreprise quelle que soit sa taille comporte une multitude d'étapes. Mais, il reste tributaire d'un ensemble de facteurs à savoir: l'histoire et la culture de l'entreprise, sa politique globale, son capital humain, les moyens matériels de l'entreprise ainsi que sa dimension juridique.

- **L'histoire et la culture:** Chaque entreprise dispose d'un ensemble de valeurs, de coutumes ainsi qu'un langage qui lui est propre. Du coup, intégrer une nouvelle contrainte nécessite la connaissance, la compréhension et la prise en considération de l'ensemble de ces points.
- **La politique globale**: La connaissance de la stratégie de l'entreprise ainsi que l'ensemble des objectifs tracés va faciliter l'instauration d'une nouvelle contrainte au sein de l'entreprise.

- **Les moyens humains**: Intégrer une nouvelle contrainte nécessite une connaissance au préalable de la politique humaine au sein de l'entreprise ainsi que la sphère relationnelle en son sein.
- **Les moyens matériels**: Les moyens mis à disposition au sein de l'entreprise ainsi que les points de repère et le territoire de l'entreprise doivent être pris en considération lors de l'introduction d'une nouvelle contrainte.
- **La dimension juridique:** Le règlement intérieur, les documents juridiques, les règlements d'hygiène et de sécurité doivent jouir d'une attention particulière lors de l'instauration d'une contrainte au sein de l'entreprise.

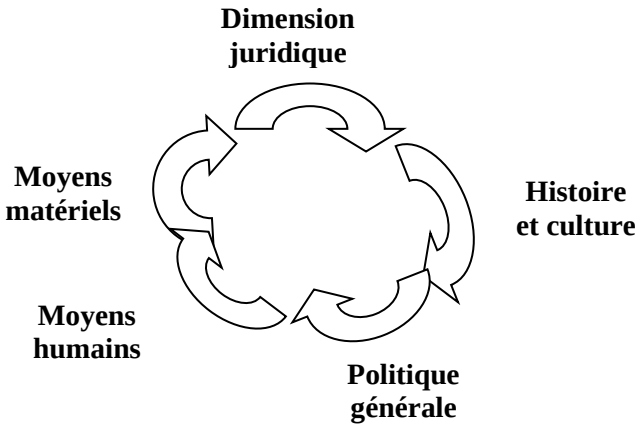


Figure 75: Les facteurs influençant le processus d'intégration dans une entreprise

Il est à rappeler que la procédure d'intégration suit les étapes suivantes:

- **Etape 1:** Comprendre l'organisation actuelle au sein de l'entreprise afin de modéliser l'organisation existante sans prendre en considération la contrainte que nous souhaitons instaurer.
- **Etape 2:** Essayer de bien cerner la philosophie de la contrainte voulue afin de pouvoir visualiser les effets possibles de son instauration.
- **Etape 3:** Impliquer les usagers lors de l'introduction de la contrainte afin de pouvoir soutenir l'acceptation de la contrainte.
- **Etape 4:** Cadrer les besoins et les spécifications de la solution que nous voulons introduire tout en l'ajustant aux besoins de l'entreprise et des usagers.

3- Implications de l'intégration du PLM

A travers ce paragraphe nous allons essayer de montrer que l'instauration d'une approche technologique basée sur le PLM et fondée selon deux phases d'évaluation et d'amélioration de l'efficacité de l'activité est amenée à introduire un ensemble de changements notamment les changements organisationnels.

Les aspects organisationnels qui doivent être pris en considération lors de l'instauration du PLM au sein de l'entreprise se présentent dans le tableau suivant.

Tableau 19: Les aspects organisationnels qui doivent être pris en considération lors de l'instauration du PLM au sein de l'entreprise.

Appellation	Compétences	Taches
Chef de projet		Etude de marché et compréhension du concept PLM. Etude de la faisabilité du projet PLM. Organisation du projet PLM. Sélection des méthodes et outils assurant la modélisation actuelle et souhaitée de l'entreprise.
Comité de pilotage (Groupe de synthèse)	PDG Chefs de services Chefs d'ateliers (dans le cas des PME/PMI)	Valider les stratégies et contraintes du projet, les plannings, les parties prenantes et leurs rôles. Présenter les méthodes et outils sélectionnés en vue de l'instauration du projet PLM au sein de l'entreprise (questionnaires, méthodes GRAI, Mindmap, etc). Réaliser des entretiens avec l'ensemble du personnel de l'entreprise en vue d'instaurer le projet.
Groupe de travail	Chef de projet consultant externe etc.	La modélisation c'est-à-dire sensibiliser le personnel à l'application de la méthode choisie. Proposer les solutions au groupe de synthèse. Modéliser les systèmes actuels et futurs de l'entreprise.
Equipe projet	Ensemble des acteurs de l'entreprise	Fournir les informations nécessaires à la modélisation de l'entreprise. Expliquer au groupe de travail, à l'aide des questionnaires et entretiens, les fonctions occupées, les activités réalisées, les prises de décision et les données échangées.

A remarquer que la prise en considération de l'intégration du PLM ne se limite pas à l'intégration d'une contrainte technique. Mais, les aspects organisationnels de l'entreprise doivent être considérés.

Le tableau précédent montre l'ensemble des données qu'il est obligatoire de prendre en considération pour mener à terme l'ensemble des objectifs tracés. Alors, on constate l'existence d'une diversité des données que nous sommes ramenés à acquérir à savoir les données techniques. De même, on remarque que la plupart des données nécessaires en vue d'instaurer une approche PLM adéquate se retrouvent à l'intérieur (l'équipe projet et les chefs d'ateliers) ainsi qu'à l'extérieur les clients (en aval) et les fournisseurs (en amont).

Ajoutant à cela, que la nécessité d'implication de l'ensemble des services et du personnel de l'entreprise est une obligation ce qui se répercute sur les flux d'informations ainsi que sur les liens intra et inter entreprise.

3-1-Les changements qui se produisent aux différents niveaux de l'entreprise

- **Les flux d'informations**

La maitrise des flux d'informations quelle que soit leur nature est une condition ciné qua non pour pouvoir instaurer une approche PLM au sein de l'entreprise. Alors, nous pouvons dire que plus l'entreprise donne une importance au développement des relations et à la création d'un climat favorable permettant l'épanouissement du réseau socio professionnel, plus elle est ouverte sur l'ensemble des parties prenantes, mieux l'instauration d'une approche PLM va aboutir aux résultats souhaités.

Tableau 20: Les informations nécessaires pour l'intégration du PLM au sein d'une PME

Phases du cycle de vie du produit	Données	Ou trouver les données	Qui peut collecter les données
Conception	L'analyse concurrentielle Les lacunes du marché Les demandes de clients	Clients Divers	Bureaux d'études Achats
Fabrication	Matière première Énergie Consommables	Fournisseurs Usine, sous-traitants R&D	BE/BM Achats Industries
Utilisation	Energie Consommable Opérabilité	Clients BE, Marketing R&D	BE R&D Marketing
Transport	Mode Kilométrage Chargement	Fournisseurs Transporteurs Logistique	Logistique
Fin de vie	Recyclabilité	Fournisseurs Clients Divers	Marketing Logistique R&D

Le tableau précédent montre clairement que:

1- Premièrement, les informations nécessaires pour l'instauration d'une approche PLM pertinente servant pour gérer le cycle de vie du produit, se retrouvent en dehors des frontières de l'entreprise et dépendent d'un ensemble d'acteurs à savoir: fournisseurs, clients, etc.

2- Deuxièmement, la disponibilité des données est à remettre en question. Alors, l'instauration du projet PLM se fera au fur et à mesure de l'acquisition des données. Du coup, la collecte des données est nouvelle suite à la nouveauté de la contrainte.

- **Les relations intra et inter entreprise**

L'absence de la technologie au sein de l'entreprise (état classique) peut générer des barrières vis-à-vis de la circulation des flux d'informations. Or, les flux informationnels et relationnels inter et intra entreprise liés à la technologie (PLM) sont représentés dans la figure suivante tout en indiquant que l'ensemble des métiers de l'entreprise sont concernés par l'intégration d'une approche technologique (PLM).

De ce fait, le processus d'intégration du PLM va affecter nécessairement l'ensemble des métiers de l'entreprise même les collaborateurs qui s'intègrent dans le processus de fabrication du produit tout au long de son cycle de vie.

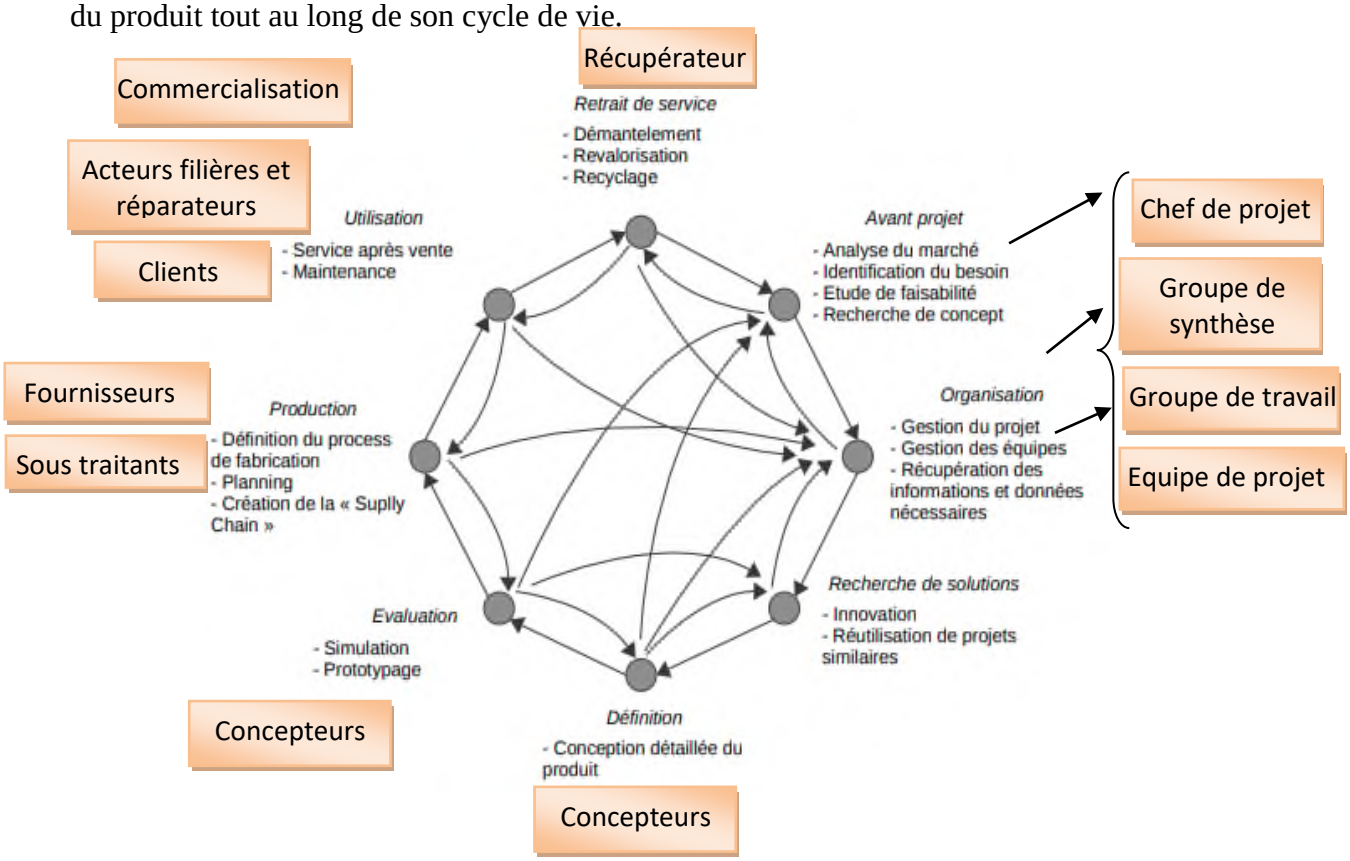


Figure 76: Présentation de l'ensemble des activités associées au cycle de vie du produit, de l'ensemble des intervenants ainsi que les flux échangés entre eux

L'instauration d'une approche technologique (PLM) nécessite la mobilisation d'un ensemble d'acteurs à savoir: les partenaires industriels de la supply chain, les clients, les fournisseurs et sous-traitants voire les acteurs filières de recyclage.

Travailler en réseau intra et inter entreprise permet à l'entreprise de s'ouvrir sur l'ensemble des parties prenantes ce qui permettra un échange de l'ensemble des méthodes de travail.

A vrai dire, Intégrer une contrainte technologique (PLM) concerne tous les acteurs de l'entreprise quels que soient leurs poids en son sein suivant les fonctionnalités préoccupées en termes de cycle de vie du produit. En ce sens, le PLM impose une extension de la sphère

relationnelle de l'entreprise que cela soit en interne ou en externe de l'entreprise ce qui pourra affecter certaines habitudes enracinées en son sein.

- **La stratégie**

L'introduction du PLM engendre un remaniement de la stratégie de l'entreprise sur plusieurs niveaux à savoir la politique générale de l'entreprise.

Alors, intégrer une politique basée sur le PLM au sein de l'entreprise implique que cette dernière va essayer d'adapter sa politique générale avec l'ensemble des objectifs tracés par le PLM afin de pouvoir honorer ses engagements vis-à-vis de l'ensemble du personnel de l'entreprise. Du coup, il s'agit de modifier la manière avec laquelle le traitement de l'ensemble des taches s'effectue tout en impliquant l'ensemble des parties prenantes sans pour autant modifier ses valeurs directives. Il s'agit plutôt d'une réorientation de la stratégie de l'entreprise tout en intégrant la technologie (PLM) comme une valeur dans la politique générale de l'entreprise.

Instaurer une nouvelle contrainte au sein d'une entreprise va modifier la hiérarchie qu'il est nécessaire de la redéfinir.

En ce sens, le remaniement de la stratégie de l'entreprise va affecter le système de communication au sein de l'entreprise tant en interne (circulation de l'information au sein de l'entreprise, implication du personnel dans le travail) qu'en externe (marketing).

- **Les connaissances et les compétences**

Nous remarquons que l'instauration du PLM au sein d'une entreprise va nécessairement modifier et impacter la nature et le niveau des connaissances requises. Alors, a travers le tableau précédent nous constatons que les données nécessaires pour l'instauration d'une stratégie PLM nécessitent de posséder un corpus minimal de connaissances technologiques. Pour cela, l'ensemble des modifications qui doivent être implémentées au sein de l'entreprise nécessitent des connaissances et des compétences qui doivent être créées puisqu'elles n'appartiennent pas à la culture de l'entreprise et cela afin de:

1- Définir la stratégie.
2- Utiliser les outils PLM.
3- Gérer les données produit.

Il est à prendre en considération le rôle des connaissances et compétences dans le processus d'intégration. Pour cela, la mise en place d'un processus continu assurant un passage progressif de l'acquisition des connaissances vers un emploi systématique des compétences au fur et à mesure que les gens obtiennent une maitrise sur ce qui les concerne.

A vrai dire, les compétences et les connaissances requises présentent un pilier essentiel sur lequel reposent l'ensemble des changements nécessaires. Donc, les pré-requis et les connaissances technologiques relatives au PLM représentent la colonne vertébrale vis-à-vis de l'instauration de ce genre d'outils. Pour cela, introduire le PLM exige que l'entreprise doit changer sa gestion de compétences en vue d'atteindre un niveau de connaissances et de compétences technologiques assurant la mise en place d'un outil PLM réussi.

3-2 Conséquences pour l'organisation

Afin de pouvoir présenter l'impact de l'instauration d'une nouvelle contrainte, il est essentiel de donner une vue générale sur les composantes de l'organisation:

1- La compétence humaine: C'est une composante qui intègre les compétences, les attitudes de travail, les sentiments d'appartenance, etc. Elle pourra correspondre aux ressources humaines au sein de l'entreprise.

2- La composante physique: Nous pouvons lier cette composante à la phase de fabrication lors de cycle de vie du produit. Elle contient les éléments liés à:

- La distribution dans l'espace: matière première et énergie, localisation, etc.
- Matériel: équipes techniques liées à la finalisation du produit.

3- La composante relative au système de gestion: Cette composante pourra inclure l'ensemble des outils nécessaires pour une gestion efficace du travail de l'entreprise à savoir les outils de conception, les bases de données, les supports papiers. Cette composante est composée de:

- Système d'objectifs.
- Système de contrôle.
- Système d'information et de communication.
- Système d'évaluation.

4- Composante structure organisationnelle: Cette composante est issue de la notion de la théorie d'organisation. Dans le cadre d'une entreprise, elle désigne le cadre hiérarchique et détermine la subdivision du travail en interne. Ce genre de structure a pour objectif d'organiser l'entreprise en fonction des objectifs tracés (amélioration de la production, réponse dans les délais prescrits, augmentation de la marge bénéficiaire, etc). C'est une composante qui assure la stabilité de l'entreprise, sa cohérence et son dynamisme. Les éléments qui caractérisent une structure peuvent être schématisés dans la figure suivante:

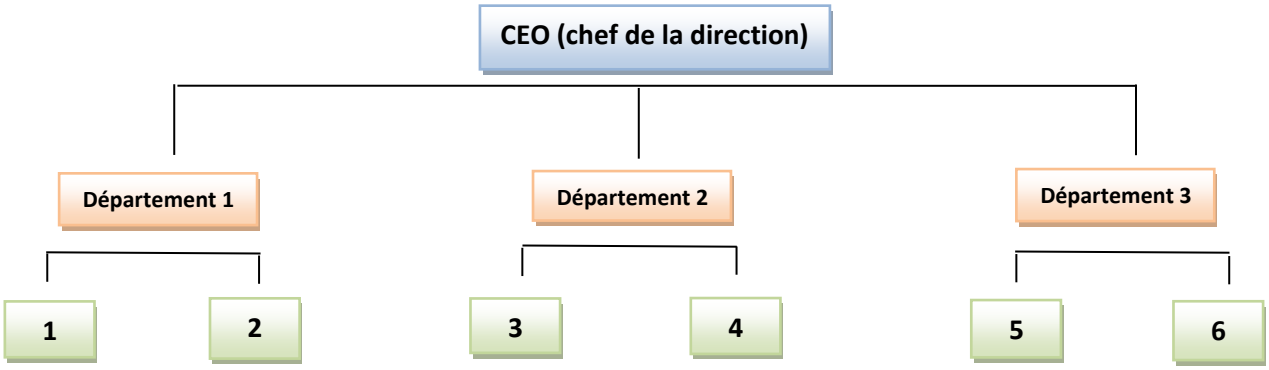


Figure 77: Les éléments qui caractérisent une structure

3-3 Les problèmes posés par la gestion du changement

Il est à remarquer que l'instauration d'un outil technologique à savoir le PLM au sein d'une PME/PMI peut engendrer des risques d'échec suite à l'existence d'un ensemble de phénomènes pouvant freiner l'instauration du PLM au sein de l'entreprise à savoir: la

résistance au changement. Ainsi, l'intégration du PLM doit prendre en considération la gestion du changement organisationnel afin de pouvoir aboutir aux résultats souhaités.

- **Risque d'échec du changement organisationnel**

La prise en considération d'un aspect essentiel du changement est nécessaire afin d'éviter le risque d'échec qui pourra se présenter dans certaines transformations qui négligent l'aspect humain considéré comme pilier essentiel puisqu'il faut s'intéresser aux personnes qui mènent le changement ainsi qu'à celles qui le vivent. D'autant plus, à la dimension humaine s'ajoute à la dimension technique qui devra être considérée avec beaucoup d'attention.

- **Résistance au changement**

La nature humaine conduit l'homme vers la conservation des habitudes. De ce fait, le phénomène de résistance se présente avec acuité et pourra bloquer la transformation de l'entreprise et empêcher l'avancement du projet et par la suite les collaborateurs ne vont pas s'impliquer, ce qui va générer un bas niveau d'enthousiasme et de motivation puisque les collaborateurs motivés seront en mesure de confronter l'ensemble des obstacles retrouvés et par la suite la démotivation des employés va freiner l'avancement de l'entreprise.

- **Mauvaise communication et mauvais partage de l'information**

La communication transparente et authentique sera en mesure de favoriser le changement puisqu'elle va permettre un rapprochement entre l'ensemble des parties prenantes dans un projet. D'autant plus, la transparence va jouer un rôle fondamental puisqu'elle va permettre à l'ensemble des collaborateurs d'être rassurés. Pour cela, il est essentiel de favoriser la communication au sein d'une entreprise que cela soit au niveau écrit ou au niveau oral et de partager l'information afin de créer des liens tout au long de la période de changement.

- **Manque d'écoute et d'empathie**

L'écoute active de l'ensemble des collaborateurs demeure un facteur essentiel en vue de faire preuve d'empathie, de faire évaluer la morale des équipes et de percevoir les feedbacks ce qui permettra de perfectionner l'échange et le travail au sein de l'entreprise ainsi que de dépasser l'ensemble des problèmes posés par le changement induit au sein de l'entreprise.

- **Imposer un changement**

Le fait de faire forcer un changement ne va pas aboutir aux résultats souhaités. Du coup, la communication efficiente entre l'ensemble des collaborateurs va permettre d'identifier l'ensemble des besoins afin de pouvoir y répondre.

- **Conduite d'un changement trop rapide**

L'échec est la principale conséquence qui pourra être causée suite à l'imposition d'un changement trop rapide. Alors, le fait de mettre en place des changements d'une manière aléatoire et rude est contre productif. Du coup, avant d'instaurer une démarche basée sur un changement, il faut analyser les différents impacts pouvant se produire sur la structure de l'entreprise ainsi que sur l'ensemble des parties prenantes.

3-4 Gestion du changement

Tout en prenant en considération l'ensemble des facteurs pour freiner la conduite du changement au sein d'une entreprise, il est indispensable de cadrer et structurer la démarche suivie afin de pouvoir conduire une approche de gestion du changement permettant

d'optimiser les chances de réussite et d'atteindre un état final souhaité et en perpétuelle croissance. Alors, le changement pourra être vécu par le personnel de l'entreprise comme un bouleversement ce qui devra minimiser voire éradiquer l'ensemble des résistances freinant la conduite du changement.

III- Apprentissage organisationnel

1- Les connaissances

1-1 Un bref aperçu sur les connaissances

Une connaissance demeure un objet à plusieurs facettes qui a une signification suivant la communauté à laquelle elle appartient. Alors, la connaissance devra être localisée, stockée et exploitée afin de pouvoir évaluer sa qualité. Alors, la connaissance pourra être assimilée à une donnée ou à une information, elle prend naissance à travers la compréhension des relations qui peuvent être retrouvées entre plusieurs données. A vrai dire, la connaissance est une information comprise, assimilée et utilisée et qui peut engendrer une action.

Alors, la connaissance pourra se retrouver sous plusieurs formes, une fois utilisée, l'intervention d'un certain nombre de données et d'informations s'avère nécessaire afin de pouvoir différencier les trois notions à savoir: La donnée, l'information et la connaissance. Nous représentons la figure suivante permettant d'illustrer un modèle à deux dimensions: Une première dimension qui représente l'indépendance de l'entité au contexte et une deuxième qui illustre la compréhension:

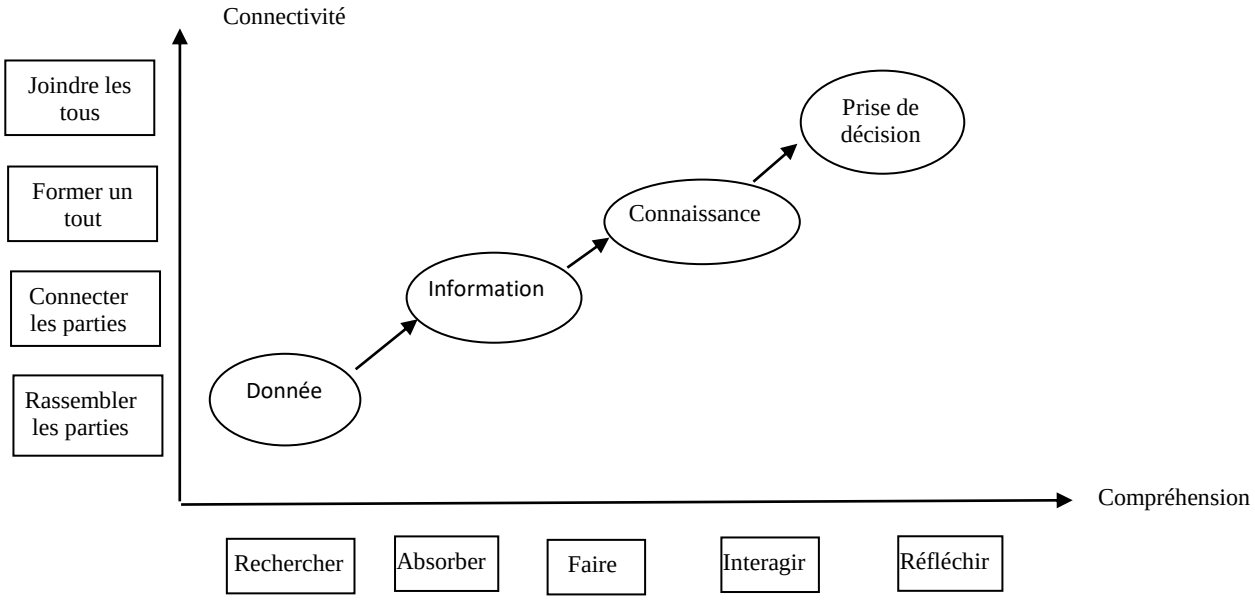


Figure 78: Le cycle donnée- information- connaissance

1-2 Typologie des connaissances

Tout en se référant aux études conduites par Polanyi (1966) et Nonaka (1995), nous pouvons distinguer les connaissances tacites et les connaissances explicites comme c'est formulé dans le tableau suivant [109][110]:

Tableau 21: Comparaison entre les connaissances tacites et explicites

	Connaissance tacite	Connaissance explicite
Nature	Subjective	Objective Connaissance qui s'intervient afin de communiquer avec d'autres personnes
Localisation	Renfermée dans le cerveau des individus	Repartie entre l'ensemble des entités de l'entreprise, des données ou des documents physiques ou électroniques
Formes	Non figurée	
Transmission	Difficile Caractérisée par une transmission à travers l'apprentissage	Facile Une transmission caractérisée par un échange de l'information
Mode de création	La pratique et l'expérience	La formalisation de la connaissance tacite

Pour résumer ce qui a été cité dans le tableau précédent nous pouvons définir:

La connaissance tacite comme la connaissance détenue par les individus, elle est difficile à transmettre, à formaliser et à localiser. C'est la pratique, l'expérience et les secrets de métiers qui demeurent les facteurs déterminants assurant un cadrage de ce genre de connaissance.

La connaissance explicite peut faire référence à la connaissance transmissible et formalisée sous formes de données ou documents électroniques ou physiques, elle est collectée soit au sein de l'entreprise ou bien en faisant intervenir l'ensemble des parties prenantes.

1-3 Modèles de transfert des connaissances

Il existe 4 modes de transfert:

- **La socialisation:** Transfert d'une connaissance tacite vers une connaissance tacite: Il s'agit d'un processus de transmission de connaissances tacites. C'est un transfert qui pourra s'intervenir sans échanges verbaux mais surtout avec l'observation, l'imitation, la pratique et les secrets de métier. Alors, d'après Nonaka (1995), la méthodologie la plus efficace afin de pouvoir acquérir une connaissance acquise est l'expérience [109].
- **Externalisation:** Il s'agit d'un transit des connaissances tacites vers les connaissances explicites. Ce genre de transfert s'introduit à travers le dialogue et l'échange avec d'autres individus.
- **Internalisation:** Il s'agit d'une transformation des connaissances explicites en des connaissances implicites. C'est plutôt un équivalent de l'apprentissage par action.

- **La combinaison:** La restructuration d'une multitude de connaissances à travers différents canaux de communication.

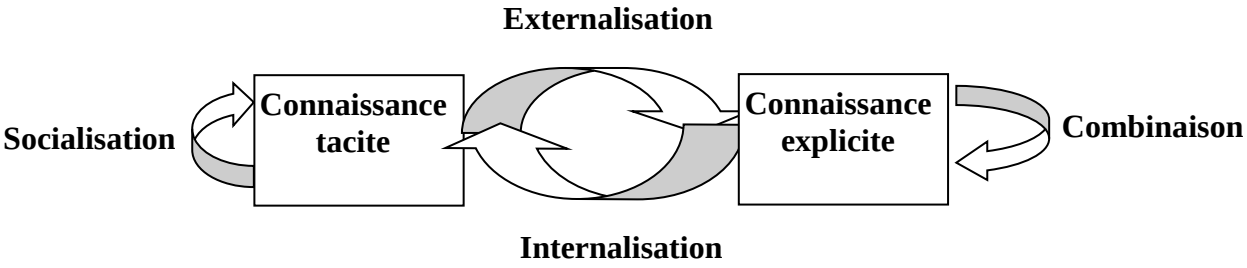


Figure 79: Les modèles de transfert des connaissances

2- Les compétences

2-1 un bref aperçu sur les compétences

Le mot compétence est issu du mot latin "competens" qui signifie "qui va avec". Il s'agit d'un concept qui fait apparaitre une multitude de définitions en fonction de son usage. Il se confond, parfois, avec la connaissance et apparait proche de la notion de la capacité intellectuelle [111].

Alors, les entreprises qui font face à un changement organisationnel tout en possédant les moyens nécessaires pour en faire face et aboutir aux résultats attendus peuvent être classées comme des entreprises ayant des compétences précieuses. Du coup, les programmes de changement des entreprises peuvent avoir un succès si l'ensemble des parties prenantes participent dans le développement des compétences capables d'affronter ce changement. A remarquer que les initiatives de gestion de changement sont réussies lorsqu'elles comportent un volet de formation des équipes aux compétences clés dans le domaine.

Il est impératif de posséder un ensemble de compétences en matière de gestion de changement afin de pouvoir soutenir un projet réussi à savoir:

1- **La communication:** Les compétences communicationnelles solides sont primordiales au cours de l'ensemble des phases de projet. Alors, c'est une compétence qui permet une expression large de l'ensemble des objectifs attendus du changement. D'autant plus, elle permet de minimiser la résistance au changement tout en démontrant à l'ensemble des collaborateurs les arguments nécessaires menant vers l'acceptation du changement ainsi que l'ensemble des actions pouvant assurer un soutien afin de pouvoir accomplir les taches d'une manière fluide et opérationnelle. Aussi, à travers une communication efficiente, le recueil des commentaires de l'ensemble des collaborateurs est possible tout en s'assurant qu'ils accomplissent bien leurs taches afin de s'assurer du bon déroulement du projet.

2- **L'écoute active:** L'écoute attentive de l'ensemble des collaborateurs va permettre au plan de gestion du changement d'être réussi. Du coup, une gestion du changement qui n'est pas convaincante vis-à-vis des collaborateurs risque d'introduire des modifications qui vont impacter négativement les flux au sein de l'entreprise. Pour cela, il est essentiel de donner une opportunité aux collaborateurs de s'exprimer et savoir qu'ils seront entendus.

3- **La Recherche:** la recherche va permettre d'étudier un ensemble de méthodologies afin de pouvoir assimiler les idées les mieux adaptées à notre projet. De même, la recherche va nous permettre de connaitre et de comprendre l'état actuel de l'entreprise et de planifier une stratégie et un plan pouvant répondre aux besoins demandés. Aussi, la recherche va nous garantir une meilleure compréhension de l'ensemble des obstacles actuels ainsi que les processus et stratégies inefficaces vis-à-vis des objectifs tracés par l'entreprise.
4- **La pensée stratégique:** La stratégie solide demeure la clé de la réussite d'un projet de changement. Pour cela, il fallait prendre en considération l'ensemble des petites taches en vue d'une exécution réussie du projet. Aussi, une stratégie réussie repose sur une anticipation pointue de l'ensemble des problèmes pouvant survenir lors du changement avec une mise à disposition d'un plan de gestion pour s'intervenir en cas d'occurrence. A vrai dire, la pensée stratégique va permettre de transposer l'ensemble des besoins et objectifs en une feuille de route permettant d'établir un certain nombre d'actions pouvant être mises en place en un calendrier raisonnable.
5- **Leadership:** La nécessité de disposer des compétences en leadership demeure un atout en vue de réaliser les objectifs tracés puisqu'il faut assurer une répartition efficace au niveau de l'ensemble des taches de la mission du changement. D'autant plus, il faut être capable de motiver les membres de l'équipe afin de pouvoir dépasser les obstacles qui peuvent freiner l'instauration du changement au sein de l'entreprise. Aussi, il faut chercher à gagner la confiance de l'ensemble des membres de l'équipe tout en leur montrant que leurs points de vue seront pris en considération.
6- **Mesures et analyse:** Il est essentiel de faire un bilan afin de pouvoir mesurer et analyser les progrès réalisés tout en les comparant avec les objectifs tracés. Du coup, l'usage d'un certain nombre d'indicateurs de performance s'avère primordial, ce qui va permettre de faire une comparaison entre l'ancienne situation et la situation actuelle suite à l'instauration du changement au sein de l'entreprise.

2-2 La relation entre les compétences et les connaissances

Il est à remarquer que les compétences comportent deux dimensions, une première dimension individuelle et une deuxième dimension collective. En fait, les connaissances demeurent un composant essentiel des compétences.

La relation existante entre les connaissances et compétences nous permet de ressortir un certain nombre de conclusions (figure 80) à savoir:

1- La gestion des connaissances va permettre de cumuler un certain nombre de connaissances qui seront un atout complémentaire vis-à-vis de la collaboration avec les compétences.
2- La gestion des compétences va enrichir et fortifier les connaissances acquises.

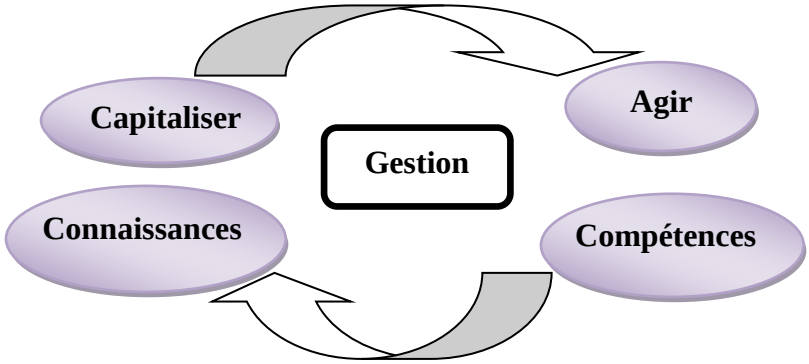


Figure 80: La relation entre les connaissances et les compétences

La connaissance organisationnelle demeure une qualité acquise suite à la communication avec l'ensemble des collaborateurs et qui va pousser l'entreprise à franchir un pas pour passer de la décision à l'action.

3- La notion d'apprentissage

3-1- Un bref aperçu sur la notion d'apprentissage

L'apprentissage organisationnel est un processus de développement de connaissances partagées impliquant des individus, des groupes ainsi que l'organisation elle-même. Cela pourra s'intervenir suite à l'échange des expériences et la formation permettant le partage d'un ensemble des modèles entre les membres de l'équipe et l'institutionnalisation de ces modèles au niveau organisationnel pour une utilisation future.

A remarquer que l'apprentissage se produit également dans le sens de la rétroaction lorsque l'apprentissage institutionnalisé et les modèles partagés sont transférés et utilisés par des équipes et des individus. Il est nécessaire de prendre en considération que l'apprentissage organisationnel est un concept qui ne date pas d'aujourd'hui. Cependant, plusieurs études récentes se sont intéressées à l'association de l'apprentissage organisationnel avec l'intelligence artificielle pour obtenir des possibilités de simulation informatique pouvant être utilisées afin de pouvoir déterminer la meilleure façon d'apprendre, afin qu'une organisation puisse partager ses connaissances aussi rapidement et efficacement que possible [112] [113].

Les caractéristiques des mémoires individuelles ont une influence sur l'apprentissage organisationnel. La formation des modèles mentaux partagés fait généralement partie de l'apprentissage organisationnel.

L'apprentissage organisationnel a plusieurs niveaux pouvant être représentés comme suit:

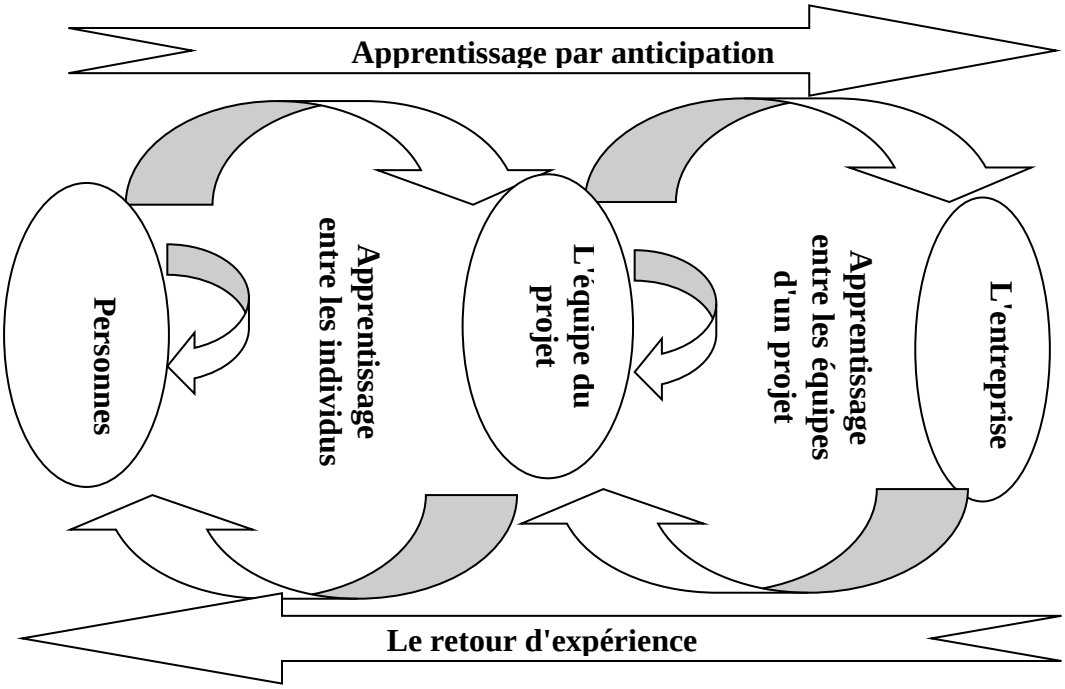


Figure 81: Les niveaux d'apprentissage organisationnel

3-2 Apprentissage et changement organisationnel

Au sein de l'entreprise, il y'a une forte liaison entre l'intégration de nouveaux outils et méthodes, le changement au sein de l'entreprise et l'apprentissage organisationnel. Du coup, l'apprentissage organisationnel s'intervient pour essayer de traiter un problème auquel une entreprise peut faire face lors du changement soit à travers la construction d'une nouvelle méthode ou bien à travers la remise en question et l'amélioration d'une méthode (procédure) déjà utilisée. Il est à remarquer que l'apprentissage organisationnel repose sur la collaboration entre une multitude d'outils technologiques, financiers, stratégiques, managériales ainsi que sur une gestion efficace des ressources humaines au sein de l'organisation.

Du coup, le changement organisationnel est en forte liaison avec l'apprentissage organisationnel et qui devra être pris en considération en vue d'introduire le PLM au sein d'une entreprise telle que l'entreprise artisanale.

IV- Vers un changement organisationnel efficace au sein du secteur de zellige

1- la gestion des utilisateurs: Une fonctionnalité contribuant à la gestion de l'organisation au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire

La gestion des utilisateurs demeure une fonctionnalité assurant une organisation de l'ensemble des taches des artisans. De même, l'ensemble des artisans doivent disposer de leurs propres systèmes avec les mesures de sécurité pour savoir les taches qui leur sont affectées et pour réclamer lorsqu'ils accomplissent leurs taches.

D'autant plus, cette option va permettre d'instaurer une hiérarchie au sein du secteur puisqu'elle va permettre une distribution des taches. Et que chaque utilisateur aura une tache bien spécifique retracée à travers son compte. La figure suivante illustre l'interface dédiée à l'utilisateur pour pouvoir accéder à son compte.

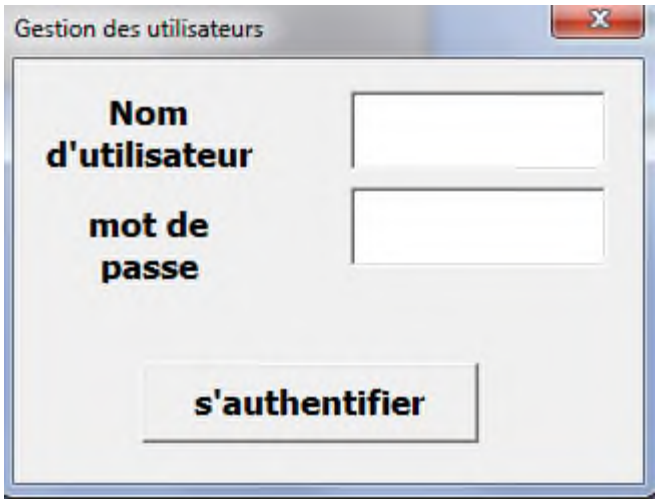


Figure 82: L'interface dédiée à l'utilisateur pour accéder à son compte

Alors, une fois l'utilisateur fait rentrer son nom d'utilisateur et son mot de passe il pourra retrouver une interface qui va différer d'un utilisateur à l'autre suivant les habilitations qui lui sont attribuées.

A vrai dire le compte administrateur va permettre une création des comptes et une attribution des habilitations à l'ensemble des utilisateurs du système. Cette interface se présente comme suit:

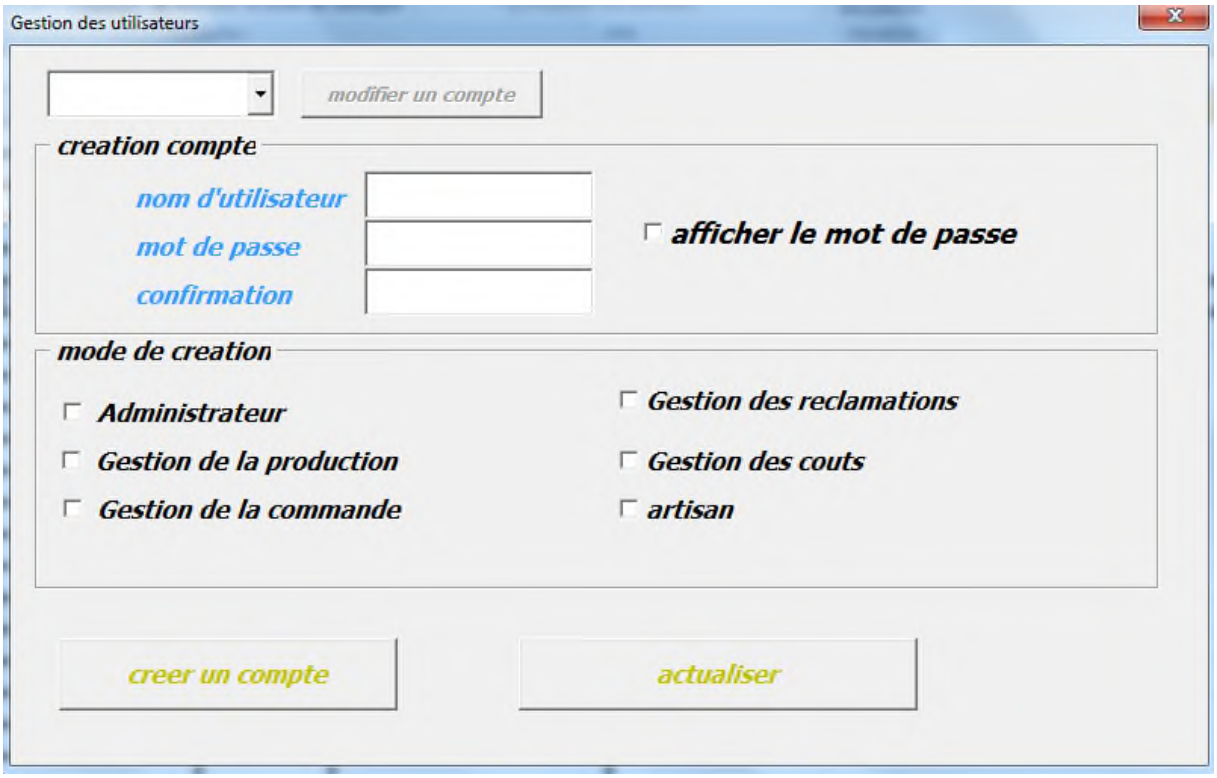


Figure 83: L'interface permettant la création des comptes et l'attribution des habilitations

A vrai dire, l'administrateur du logiciel est la seule personne capable d'accéder à cette interface en vue de créer des comptes et d'attribuer des habilitations aux utilisateurs de l'application. Du coup, la création se fait par le remplissage du champ relatif à "création de compte" dans la figure précédente ainsi que le remplissage du mode de création permettant le choix des habilitations à attribuer. Et après cela nous pouvons cliquer sur le bouton "créer un compte" afin de pouvoir exécuter la réalisation du compte.

D'autant plus, le bouton "actualiser" permet d'effacer l'ensemble des données déjà saisies pour un utilisateur donné et de ressaisir les données relatives à l'utilisateur concerné.

D'autant plus, si nous voulons modifier certaines habilitations relatives à un utilisateur précis. Nous pouvons choisir son nom dans la barre d'outils, et modifier les habilitations et après cela on clique sur le bouton modifier un compte comme c'est indiqué dans la figure suivante, un message de confirmation s'affiche, et on clique sur "oui" afin de pouvoir exécuter l'opération.

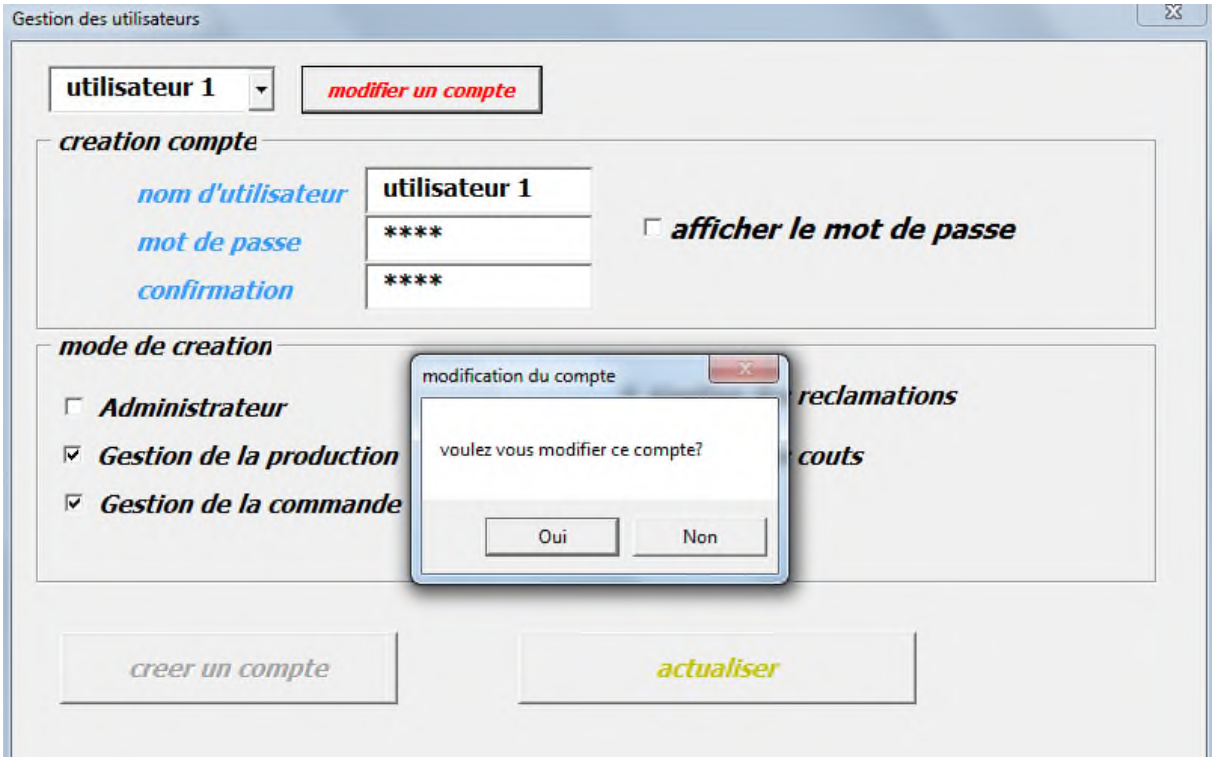


Figure 84: L'interface permettant la modification des attributions

2- la gestion de la commande: une fonctionnalité contribuant à l'organisation des commandes au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire

Cette option aura pour but de saisir les commandes exécutées par l'entreprise. Alors, une fois le client consulte l'entreprise en vue d'effectuer une commande, le responsable chargé de la dite tâche est ramené à consulter l'application suivant les habilitations qui lui sont attribuées. Alors, une fois il consulte l'application il est ramené à remplir la fenêtre suivante:

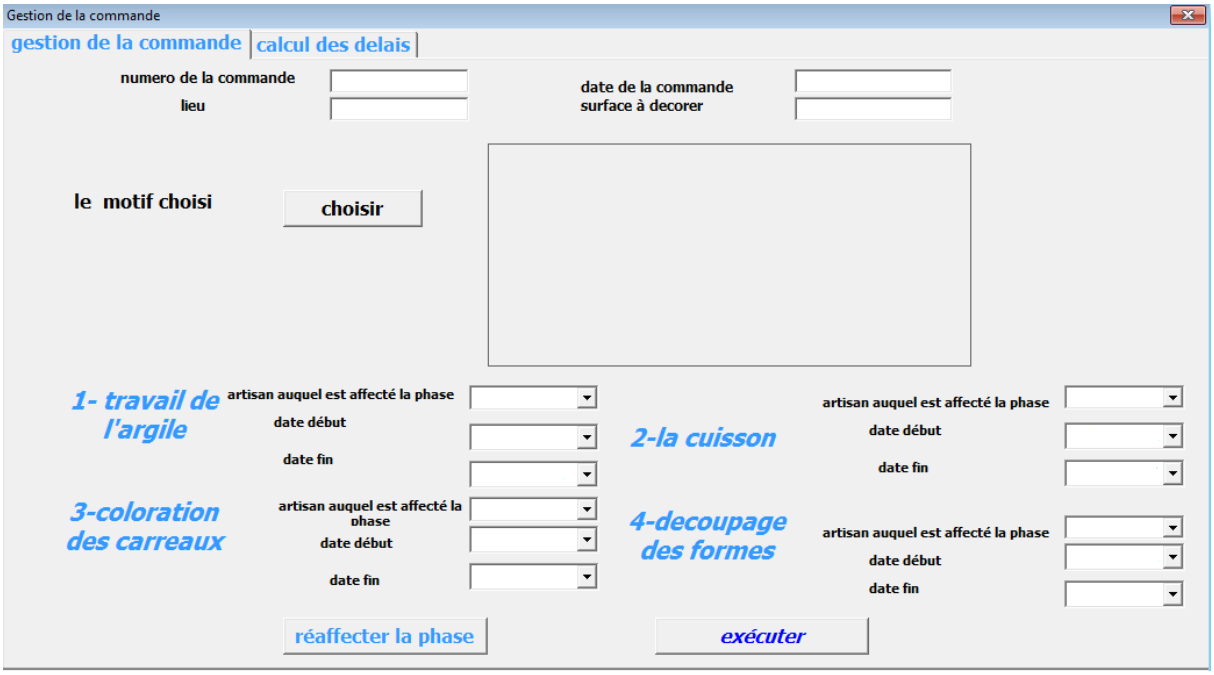


Figure 85: L'interface permettant de saisir les commandes réalisées par l'entreprise

Il est à remarquer que cette option va permettre de mémoriser la commande tout en introduisant l'ensemble des informations nécessaires et d'affecter la commande à un artisan pour qu'il puisse exécuter la première tâche qui est le travail de l'argile.

Il est à prendre en considération que l'artisan doit se disposer d'un nom d'utilisateur et d'un mot de passe et lorsqu'il consulte son application avec son nom utilisateur et son mot de passe il retrouvera les commandes qui lui sont affectées. Et lorsqu'il termine chaque commande il va la valider. Dans ce cas, un message de retour s'affiche au responsable de "la gestion de commande" pour qu'il puisse passer à la phase suivante et l'affecter soit à cet artisan soit à un autre.

A vrai dire, lorsque le responsable de la présente fonctionnalité termine la saisie d'une nouvelle commande tout en affectant la première phase à un artisan bien déterminé, il clique sur le bouton "exécuter". Et lorsque l'artisan termine la phase, et remplit les cases qui lui sont destinées, la commande retourne au responsable de la phase de gestion des commandes à ce moment là il doit la réaffecter. Donc, il saisit le numéro de la commande et choisit l'artisan qui sera responsable de la deuxième phase tout en introduisant la date de réaffectation et clique sur le bouton " réaffecter la commande".

Il est à signaler que le bouton "réaffecter la commande" va permettre soit de réaffecter une commande tout en passant d'une phase à l'autre lorsque l'artisan termine la phase qui lui a été attribuée, soit de réaffecter une même phase d'un artisan à l'autre si ce dernier s'absente ...

Une fois que l'ensemble des phases sont effectuées, et l'ensemble des artisans ont rempli les cases qui leur correspondent nous retrouvons la fenêtre suivante:

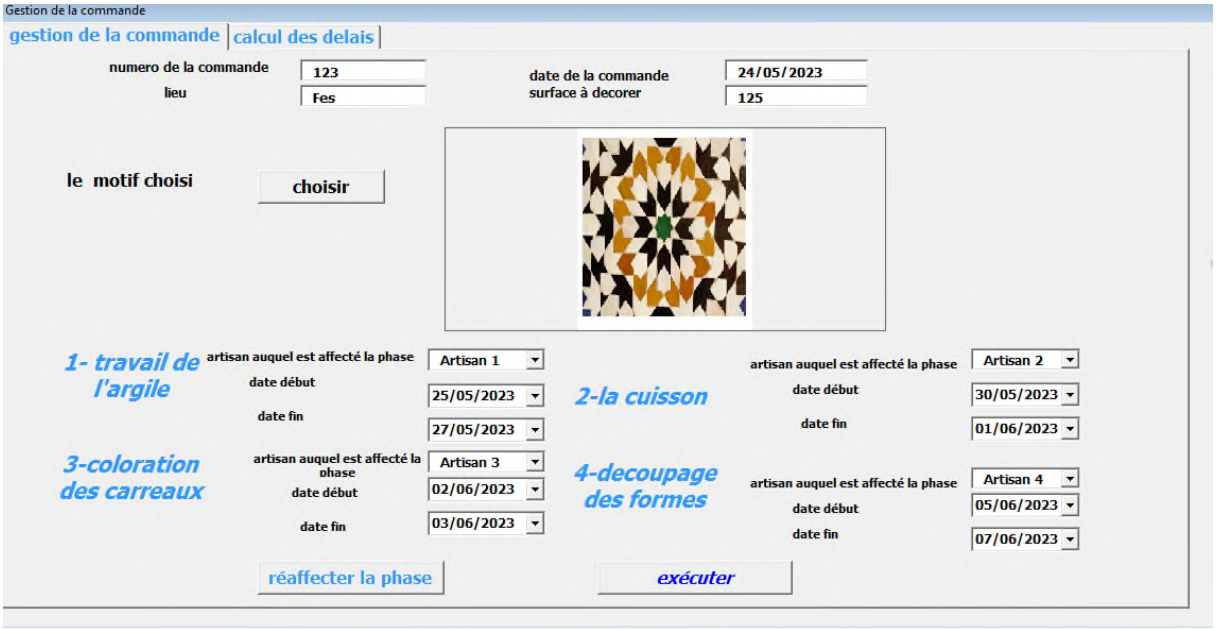


Figure 86: La fenêtre retrouvée après réalisation des quatre phases de production des pièces de zellige

Il est à remarquer que lorsque la personne chargée de la gestion des commandes clique sur le bouton "exécuter" l'ensemble des données relatives à la commande sont stockées dans une feuille pour une prochaine utilisation. De même, cette personne pourra accéder à l'interface dédiée aux calculs des délais pour une commande bien précise, l'interface de calcul des délais se présente comme suit:

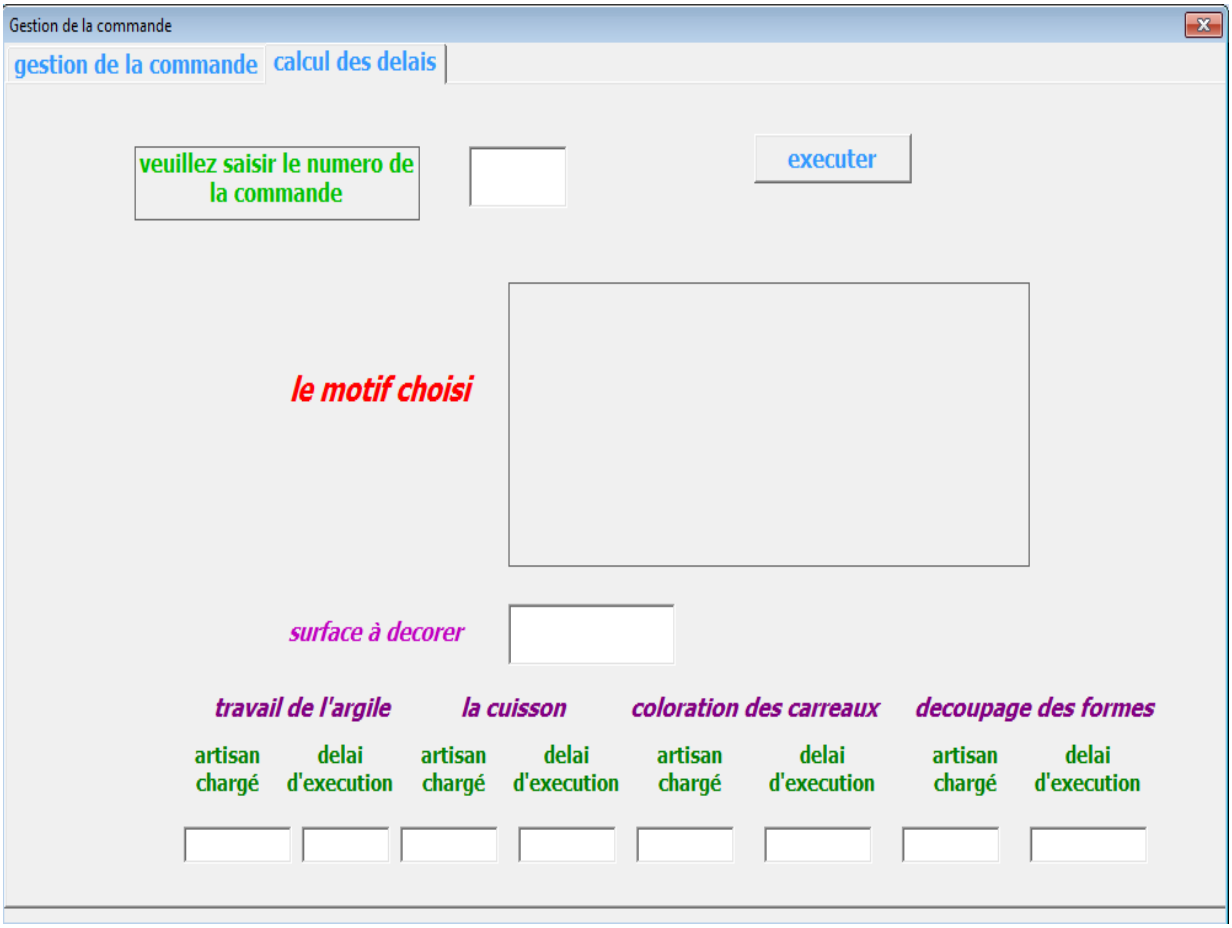


Figure 87: La fenêtre permettant le calcul des délais pour chaque phase de production des pièces de zellige

Alors, une fois l'ensemble des taches effectuées, le responsable chargé de la gestion de la commande peut saisir le numéro de la commande et cliquer sur le bouton "exécuter", une fois cela effectué, l'interface suivante se présente qui permet de donner un résumé des délais d'exécution de l'ensemble des taches par les différents artisans.

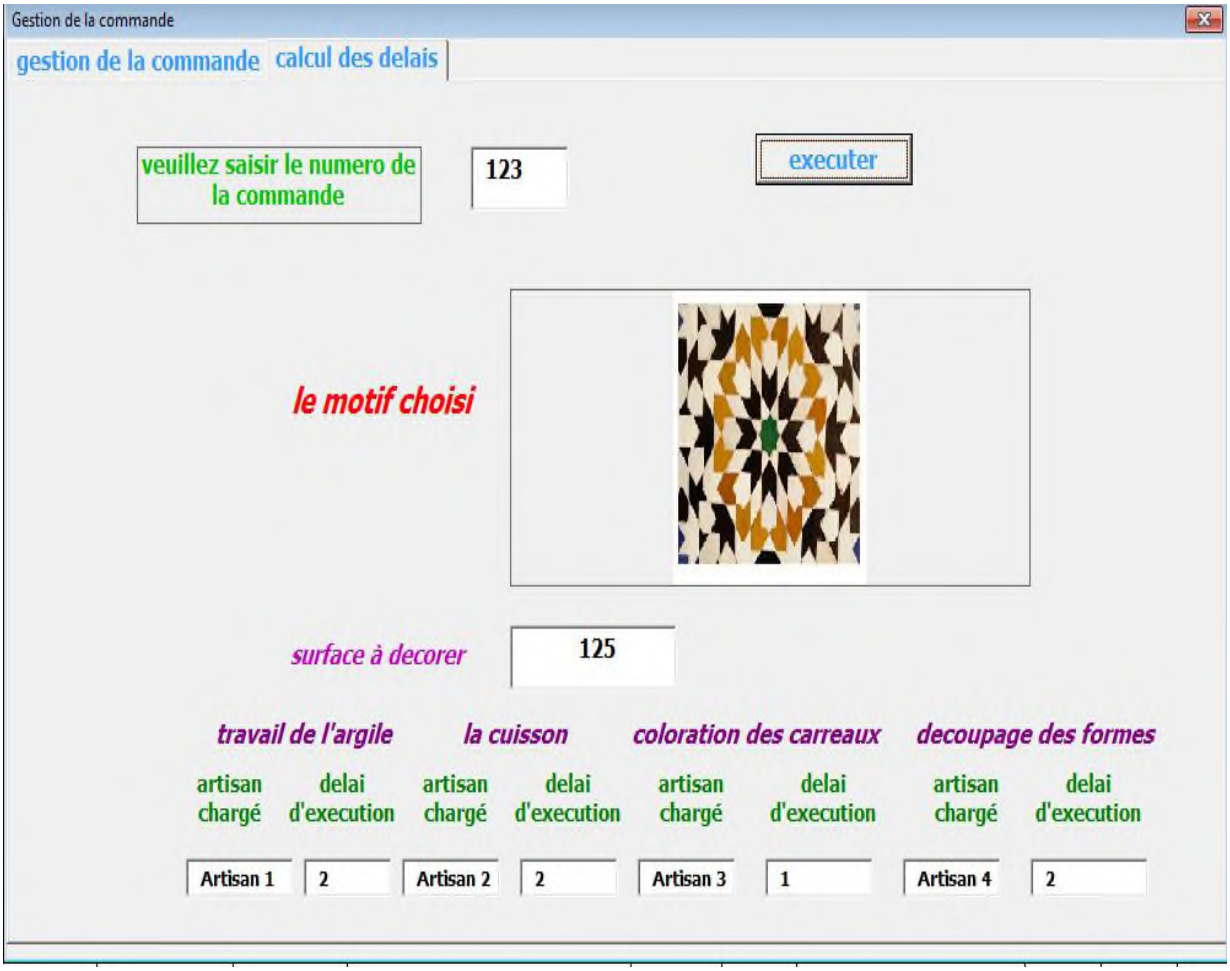


Figure 88: La fenêtre relative au calcul des délais après la réalisation des quatre phases de production des pièces de zellige

3- la gestion des couts: une fonctionnalité contribuant à la gestion de l'organisation financière au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire

La gestion des couts demeure une fonctionnalité qui va permettre une optimisation et un calcul des couts relatifs à une commande bien précise.

L'interface de gestion des couts se présente comme suit:

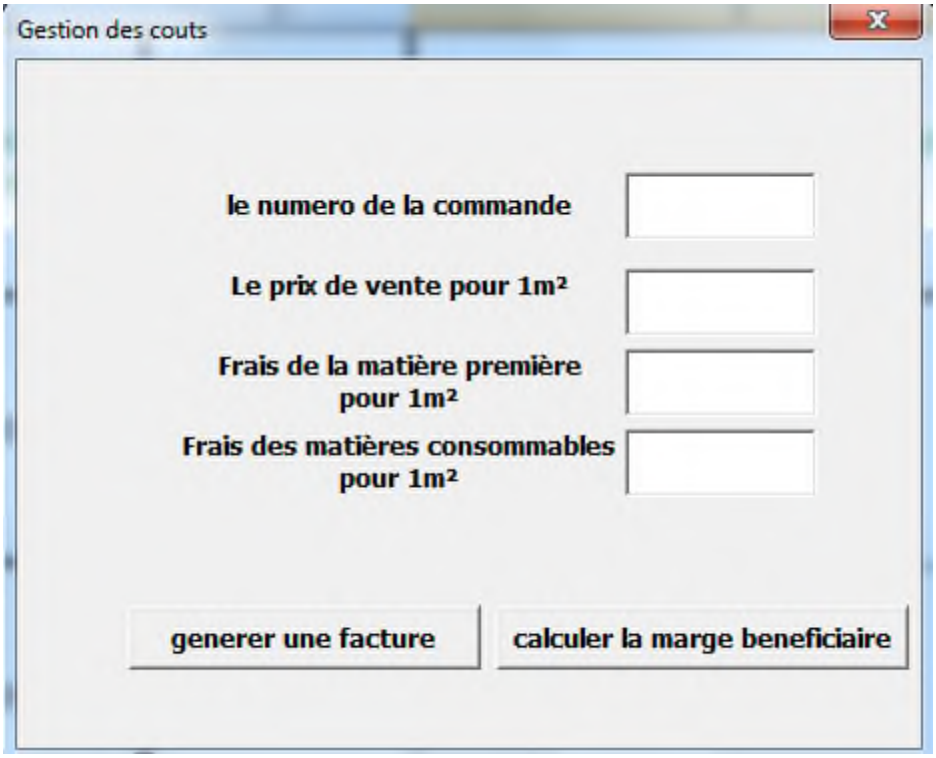


Figure 89: L'interface permettant le calcul des couts d'une commande précise

Alors, le responsable chargé de la gestion des couts est ramené à insérer un ensemble d'informations à savoir: Le numéro de la commande qui va nous permettre d'avoir une idée sur les données relatives à la commande telles que la surface à décorer. Aussi, il y'a le prix de vente pour 1m² qui est déterminé par le marché, les frais de la matière première et des matières consommables nécessaires lors du processus de production de 1m² de zellige. Ces prix d'achat sont déterminés par le marché suite à l'intervention des fournisseurs qui vont vendre les matières premières et consommables à l'entreprise.

Une fois les champs cités précédemment sont remplis, le responsable clique sur le bouton "générer la facture". La facture générée se présente comme suit:

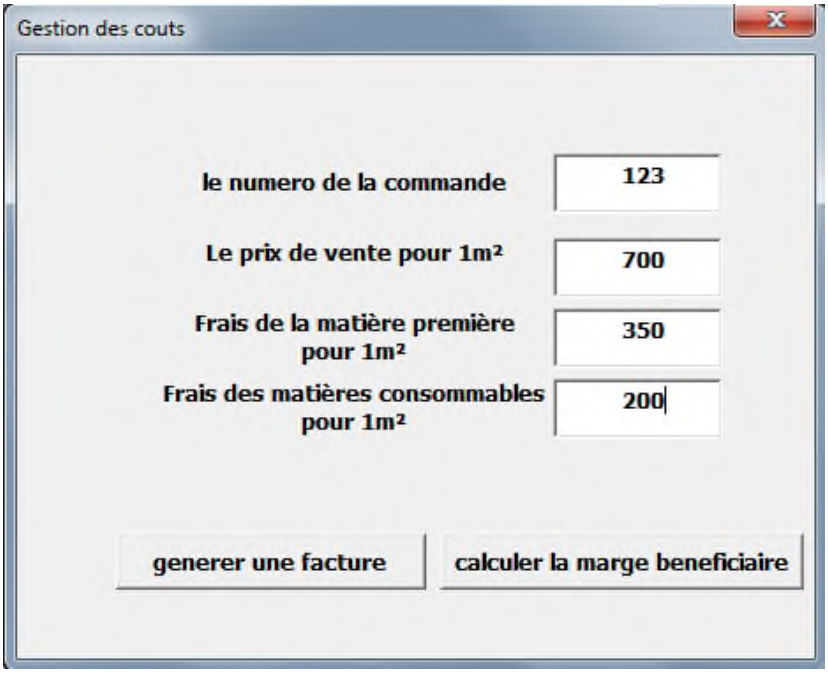


Figure 90: L'interface permettant le calcul des couts d'une commande après remplissage des champs requis

Facture pour la vente d'une commande de zellige

N de la commande:123

Date: 21/06/2023

Téléphone:

La désignation	La quantité	Unité de mesure	Le prix de vente unitaire en DH	Prix total hors taxe
Commande pour la décoration d'une surface par du zellige beldi	125	m²	700	87500
			Montant TVA 20%	17500
			PRIX total	105000

Signature:

Figure 91: La facture générée pour la commande n°123

D'autant plus, la marge bénéficiaire se calcule par l'application de la formule suivante:

Marge bénéficiaire = prix de vente – prix de revient

Concernant le prix de revient il se calcule à travers l'addition du prix de la matière première et des matières consommables tout en appliquant la formule suivante:
Prix de revient = (Prix unitaire de la matière première + Prix unitaire des matières consommables) * surface à décorer.

Alors, une fois le responsable chargé des couts remplit les champs nécessaires et clique sur le bouton " calculer la marge bénéficiaire" la fenêtre suivante s'intervient:

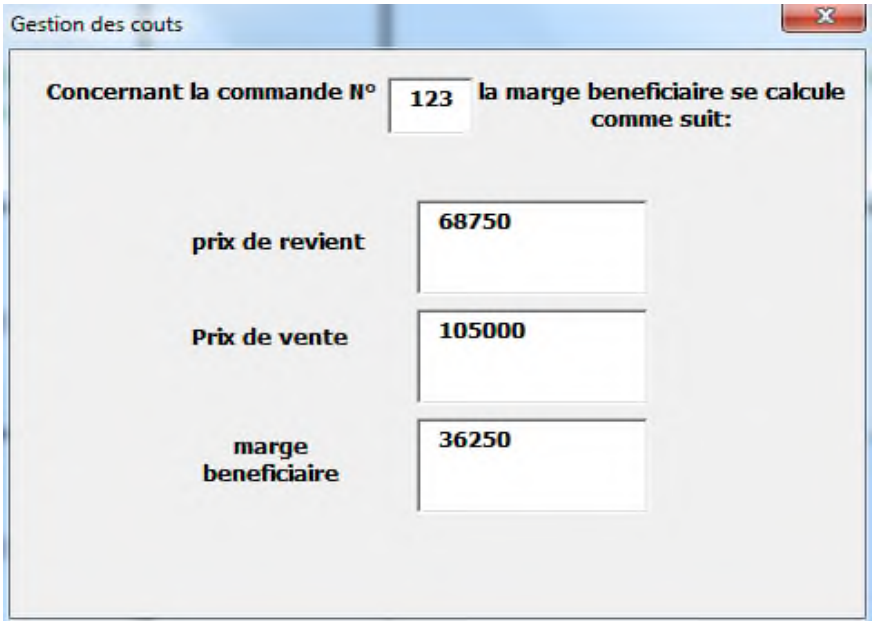


Figure 92: Le calcul de la marge bénéficiaire pour une commande précise

Il est à remarquer que l'option de gestion des couts permet de calculer le prix de vente pour une commande bien précise ainsi que la marge bénéficiaire que l'entreprise dégage à partir de la dite commande à travers le calcul de la différence entre le prix de vente et le prix de revient qui se génère à partir du prix des matières consommables et de la matière première qui va inclure un ensemble de charges relatives à la dite matière à savoir le prix de son transport ainsi que le prix de la main d'œuvre.

4- la gestion des réclamations: une fonctionnalité contribuant à la gestion des imprévus au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire

Cette option va permettre à la personne chargée de cette tache de suivre et d'essayer de retrouver des solutions à l'ensemble des réclamations avancées par les artisans. Alors, une fois l'artisan consulte l'application en vue de voir les commandes qui lui sont affectées et lorsqu' il retrouve un problème lors de l'exécution de sa tache, il pourra le mentionner comme c'est indiqué dans la figure suivante:

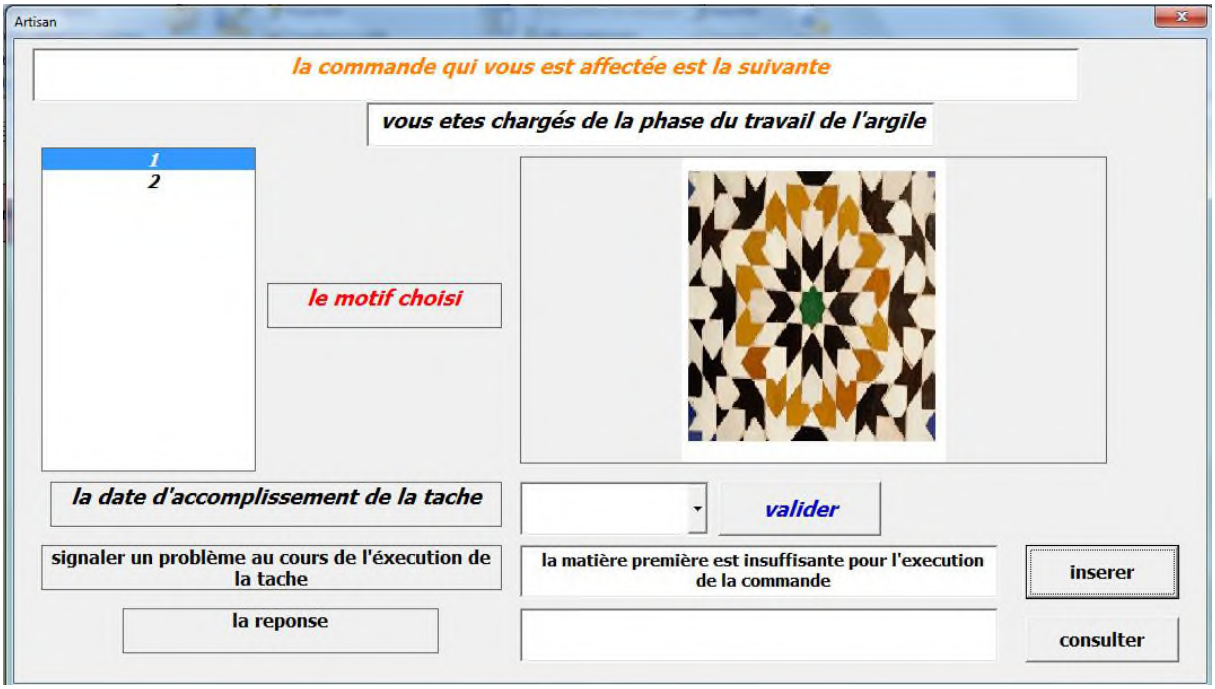


Figure 93: L'interface de l'artisan

Alors, une fois la personne chargée du traitement des réclamations consulte sa session elle pourra retrouver la réclamation déclarée par l'artisan pour une certaine commande. Alors, une fois elle clique sur le bouton "affichage", les commandes qui présentent des réclamations s'affichent et puis elle clique sur le numéro de la commande pour afficher l'objet de la réclamation comme c'est indiqué dans la figure suivante:

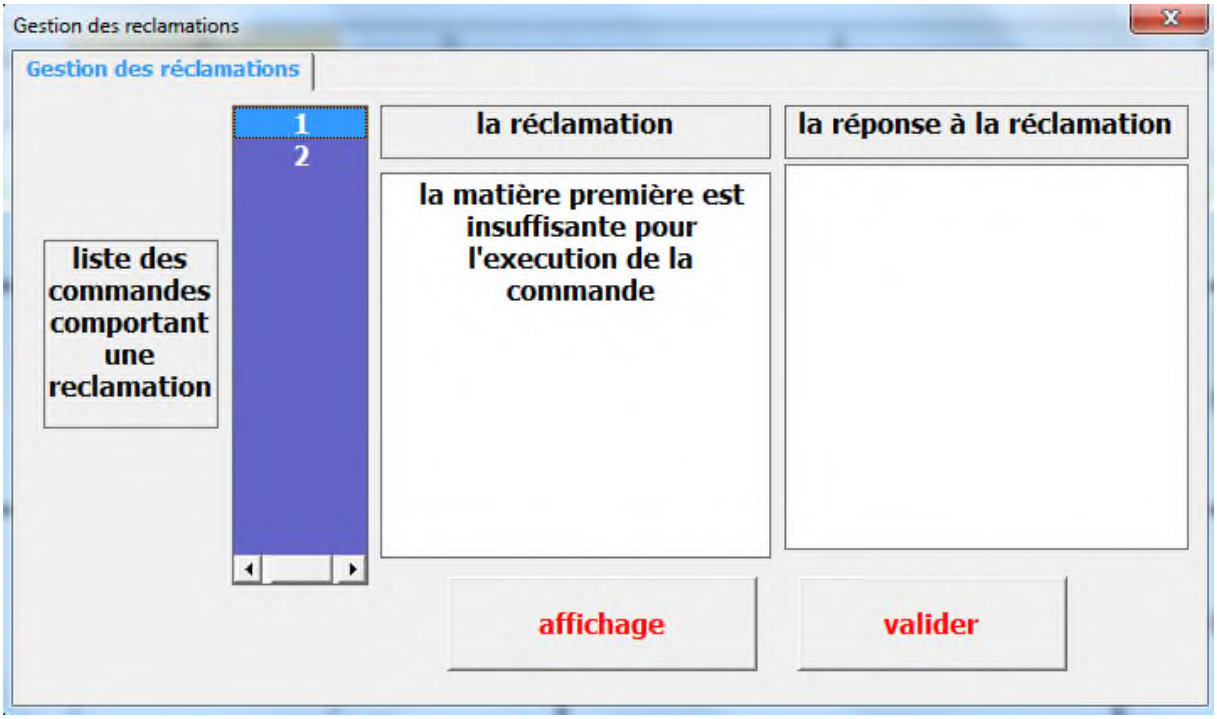


Figure 94: L'interface du gestionnaire des réclamations après réception d'une réclamation pour une commande précise

Après cela, le responsable de la gestion des réclamations essaye de traiter la réclamation reçue tout en essayant de retrouver une solution pour la résoudre. Une fois cela est effectué, il

remplit le champ intitulé " la réponse à la réclamation" et clique sur le bouton "valider" comme c'est indiqué dans la figure suivante:

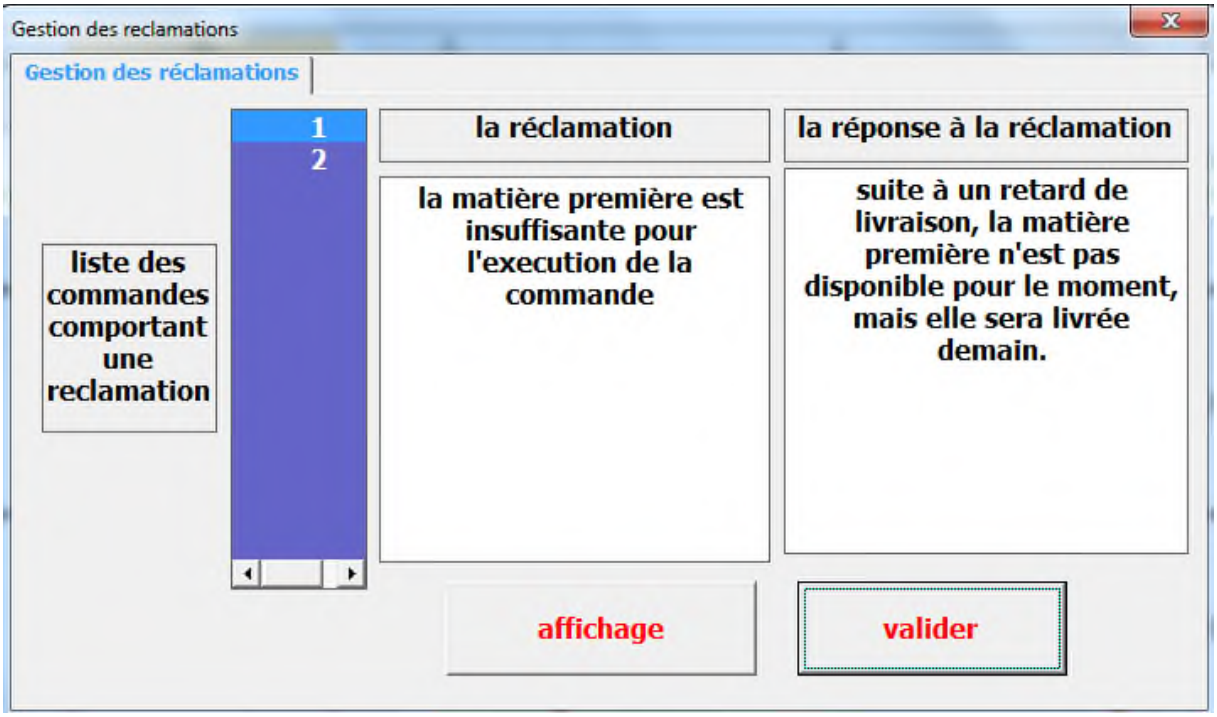


Figure 95: Interface de gestionnaire des réclamations après le remplissage de la solution proposée pour le problème signalé par l'artisan

Une fois le gestionnaire des réclamations clique sur le bouton "valider". L'artisan pourra consulter sa session et retrouver la réponse à la réclamation émise. La session de l'artisan après réception de la réponse à la réclamation se présente comme suit:

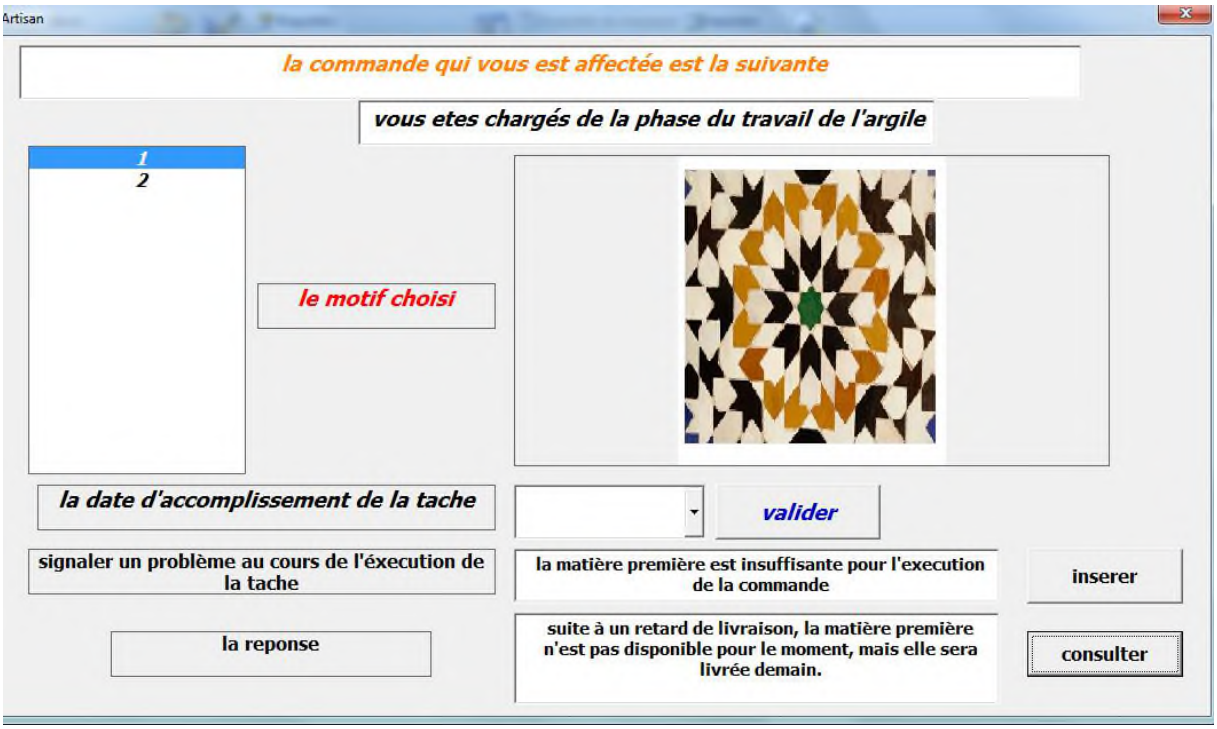


Figure 96: Interface de l'artisan après réception de la réponse proposée par le gestionnaire des réclamations

Alors, une fois l'artisan consulte sa session, il va choisir une commande et cliquer sur le bouton "consulter". Après cela, la réclamation insérée ainsi que la réponse du responsable des réclamations s'affichent.

V- Implémentation du logiciel proposé au sein du secteur de zellige: quels changements organisationnels ?

1- Choix des entreprises pilotes

Une fois nous avons terminé la programmation de l'ensemble des options relatives à notre application, nous avons jugé nécessaire de l'implémenter au sein de deux entreprises qui opèrent dans le domaine de zellige.

Les deux entreprises sont des entreprises de petite taille, elles incluent un nombre limité de personnel, elles fabriquent les pièces de zellige depuis la phase du travail de l'argile jusqu'à la phase relative à la pose. A vrai dire, nous avons constaté en manière générale que c'est la perspective de bénéfices à réaliser qui constitue pour les entreprises l'incitation majeure pour intégrer une nouvelle contrainte. Le problème réside alors dans la capacité d'identification de ces opportunités.

Le choix des entreprises s'est basé sur une visite au sein de la Direction Régionale de l'Artisanat et de l'Economie Sociale à la région de Fès Meknès. Là où nous avons essayé de contacter un nombre important d'entreprises en vue d'implémenter l'outil. Et finalement nous nous sommes mis d'accord sur le choix de ces deux entreprises (Saada pour zellige traditionnel et Tayssir zellige) pour plusieurs raisons à savoir:

- Les responsables des deux entreprises ont accepté d'implémenter et de tester l'outil au sein de leurs entreprises.
- Les deux entreprises ont manifesté que le problème de gaspillage de la matière première au niveau de leurs ateliers demeure le plus redondant.
- Les responsables des deux entreprises ont présenté un intérêt vis-à-vis le travail à distance. Du coup, si l'outil s'implémente au sein de l'entreprise le responsable a considéré que cela pourra faciliter l'exécution de sa tâche.
- Les responsables des entreprises ont un niveau instructif minimal leur permettant de travailler avec l'outil.

2- Les freins constatés vis à vis de l'implémentation de l'outil

Durant l'implémentation de l'outil au sein des deux entreprises, nous avons constaté l'existence d'un ensemble de freins vis-à-vis son implémentation. Parmi les points de blocage on retrouve:

- Des problèmes de comportement: Ce genre de problèmes est en forte liaison avec les attitudes et les comportements du personnel vis-à-vis le travail dans un cadre collectif. Pour cela, il est nécessaire de prendre en considération un ensemble de facteurs à savoir:

1- L'équation personnelle des individus impliqués dans le projet: Il s'agit de l'ensemble des expériences acquises tout au long du parcours professionnel, des motivations, des valeurs ainsi que les aspirations de l'individu. Il s'agit de la personnalité de l'ensemble des gens impliqués dans le projet ainsi que leurs comportements à un moment donné. C'est la résultante de l'histoire de la personne, ses caractères innés et acquis, de la situation actuelle ainsi que sa vision vis-à-vis de l'avenir.
2- Le chef de l'entreprise et le leadership: A vrai dire, le responsable de l'entreprise doit être en mesure de motiver le personnel afin de pouvoir accomplir leurs taches volontairement. Cela se manifeste par la capacité de créer un environnement du travail pur et des relations saines entre le responsable de l'entreprise et l'ensemble des membres de l'équipe. Il s'agit de la capacité du gérant de l'entreprise à influencer les membres de son équipe par son charisme et sa personnalité à accepter l'outil implémenté tout en instaurant les notions de partage et de collaboration au sein de l'entreprise.
3- Les relations entre les acteurs de l'entreprise: Il s'agit de créer une norme de comportements par rapport au projet assurant l'échange et la création d'un ensemble de relations caractérisées par une cohésion au groupe. Alors, la création d'un climat favorable et d'un cadre de travail adéquat contribue à transmettre une vision du groupe permettant à l'ensemble du personnel de s'engager dans le travail collaboratif.
4- L'implication dans les travaux collectifs: Cela signifie l'importance allouée par le personnel à leurs rôles au sein du groupe. A vrai dire, l'implication au sein d'un même projet se caractérise par l'intérêt que les individus portent vis-à-vis du travail au sein du groupe. Du coup, la réussite du projet reste tributaire de la participation active ainsi que l'énergie mise en œuvre dans le cadre de l'activité du groupe du projet.

- Les problèmes d'organisation: Instaurer un outil qui va jouer le rôle du PLM au sein de l'entreprise va ouvrir une réflexion sur la répartition du travail et des rôles en son sein. Du coup, une répartition des tâches et des responsabilités pourra causer des réticences à l'usage du système ainsi que des blocages au niveau de l'organisation. D'où la nécessité de gérer les droits d'accès d'une manière raisonnable, ce qui va permettre de dépasser toute complexité qui pourra être générée suite aux droits d'accès.
- Les problèmes de coordination: Ils englobent les problèmes de communication, causés par la crainte de perte du savoir-faire, ou encore au sentiment d'exclusion. Ce genre de facteurs intervient de façon significative dans la coordination qualité du travail collaboratif. Les problèmes de coordination et de communication sont récurrents et peuvent générer des difficultés et des blocages dans le travail de groupe.

Après avoir identifié l'ensemble des freins vis-à-vis de l'outil proposé. Nous avons jugé nécessaire de les classifier selon un modèle cause effet.

3- Le modèle cause effet: un modèle efficace pour détecter les points de blocage

3-1 Quelques définitions

Il s'agit d'un modèle arborescent qui fonde une structure d'indicateurs arborescente ce qui veut dire qu'un effet peut avoir plusieurs causes [114].

Alors, le principe de la logique cause effet repose sur un raisonnement qui se présente comme suit:

Tableau 22: Principe du raisonnement cause effet

Cause effet	Indicateurs
Tout en essayant de suivre un certain nombre d'objectifs tracés	Indicateurs de résultats globaux/finaux
On essaye de répondre à chaque fois à la question pourquoi?	Indicateurs de résultats intermédiaires
Jusqu'à l'adoption des leviers sur lesquels on doit agir	Indicateurs de résultats intermédiaires
Afin d'identifier le plan d'action	Indicateurs de pilotage

Aussi, la structure du modèle cause effet se présente comme suit:

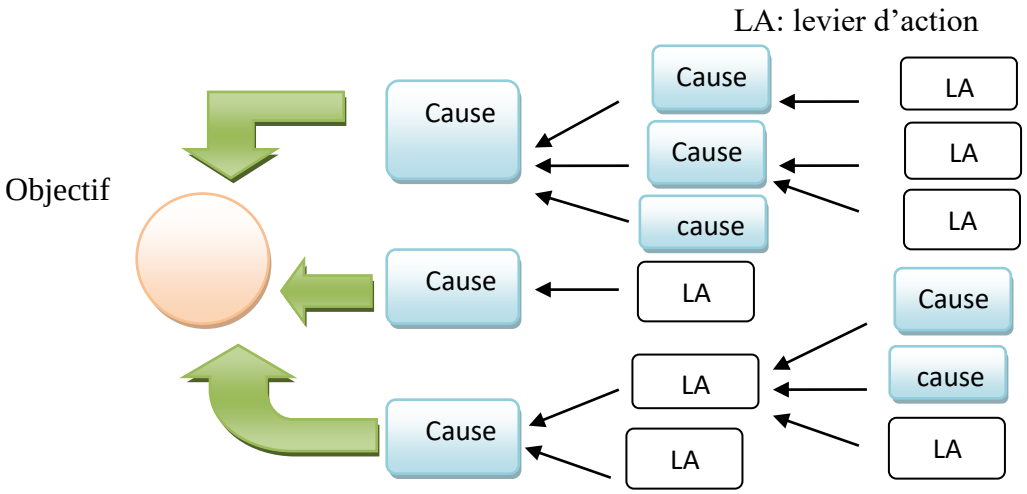


Figure 97: Structure du modèle cause effet

Alors, le modèle cause effet va nous permettre de réaliser un système d'indicateurs qui devrait logiquement être l'image d'un modèle cause effet portant sur l'action.

La mise en place des indicateurs de performance est un moyen essentiel qui revêt plusieurs aspects et remplit plusieurs fonctions. Alors, un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou partie d'un processus ou d'un système par rapport à une norme, un plan ou un objectif déterminé. Parmi les types d'indicateurs on peut citer:

- Les indicateurs de résultat: Ils sont associés aux variables essentielles du système et recouvrent l'aspect du système lié aux états.
- Les indicateurs de processus: Ce sont des indicateurs d'action qui indiquent comment le processus évolue.
- Les indicateurs de reporting: Ils servent à informer le niveau hiérarchique du degré d'atteinte des objectifs, ces indicateurs sont toujours des indicateurs de résultat.
- Les indicateurs de pilotage: Ils servent au pilotage de l'activité, ces derniers peuvent être soit des indicateurs de résultats ou bien de processus.

Alors, la construction d'un système d'indicateurs se base sur la définition d'une stratégie déployée sous forme d'objectifs à atteindre. Aussi, le processus de construction d'indicateurs se base sur la recherche des processus et activités dont on doit améliorer la performance dans le cadre des objectifs. Après cela, il y'a un recensement des facteurs qui influent sur la performance de l'activité. Aussi, il y'a une définition d'un plan d'action et des moyens d'action pour pouvoir enfin définir des indicateurs tout en les structurant sous forme de tableaux de bord.

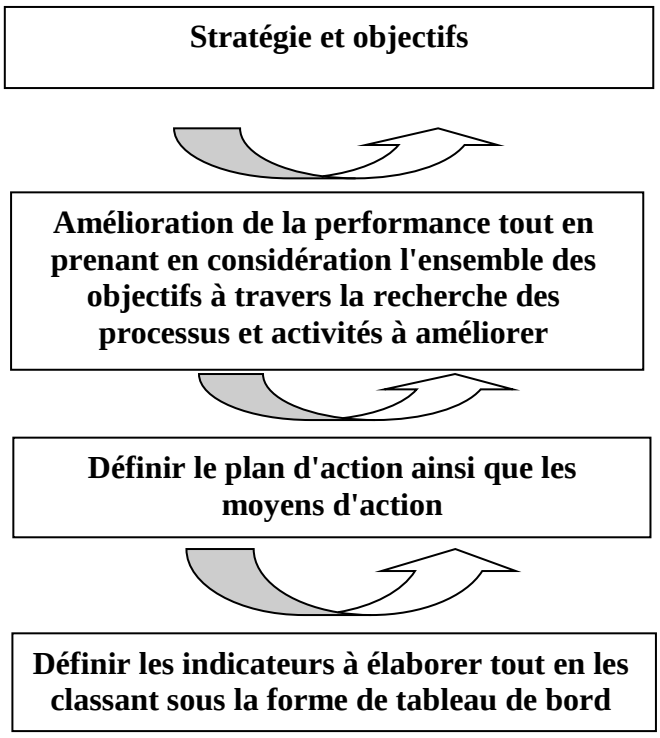


Figure 98: Processus de construction d'un système d'indicateurs

3-2 Modèle Cause-effet proposé pour les entreprises pilotes étudiées:

Tout en référant à l'ensemble des points de blocage constatés lors de l'implémentation de l'outil proposé au sein des deux entreprises. Nous avons jugé nécessaire de réaliser le modèle cause effet suivant pouvant résumer l'ensemble des points constatés.

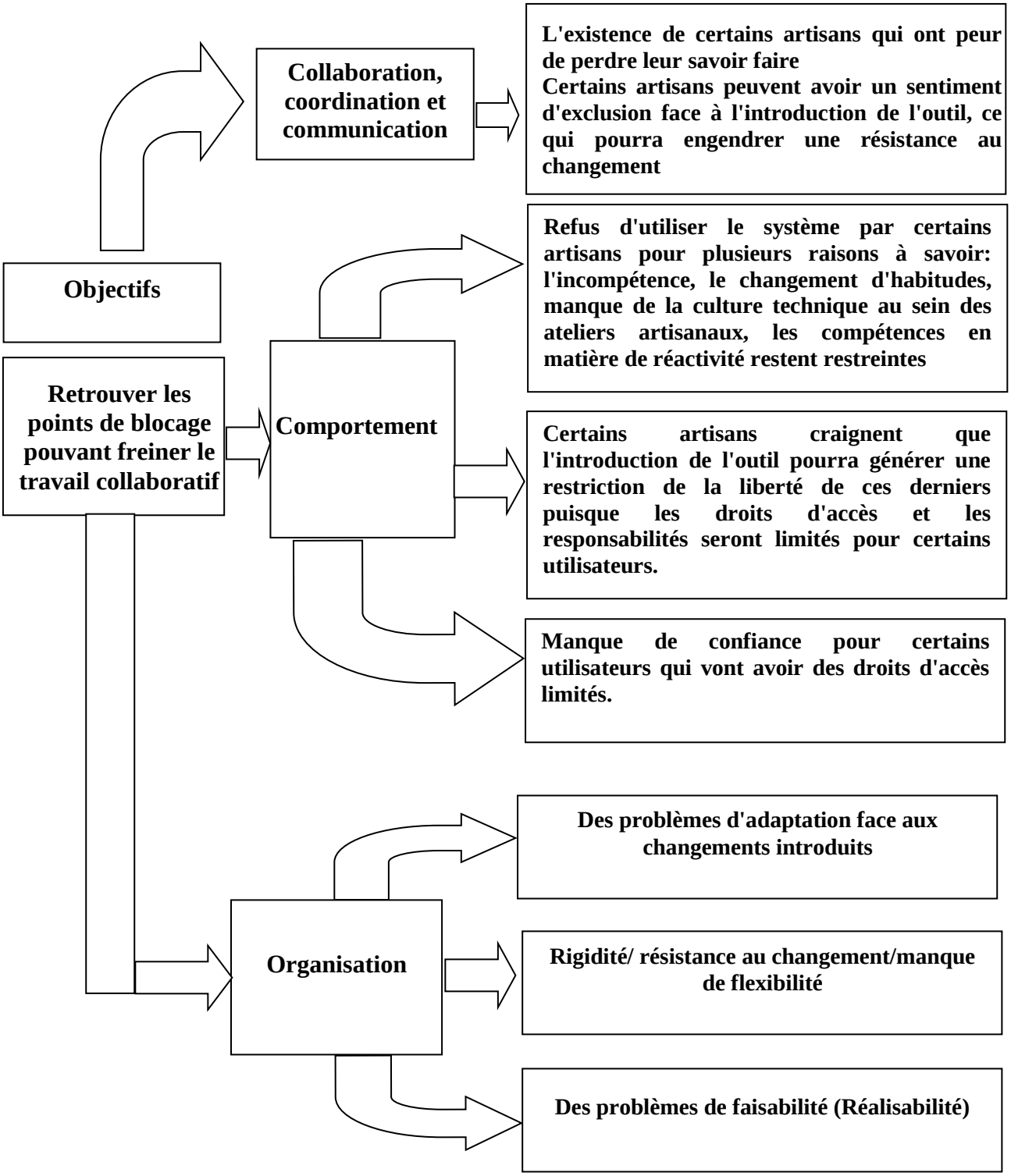


Figure 99: le modèle cause effet résultant de l'élaboration de l'outil au sein des entreprises pilotes.

4- Changements organisationnels induits suite à l'implémentation

Il est à remarquer que les flux d'information demeurent une nécessité en vue de maitriser les effets de l'instauration de l'outil au sein des entreprises de zellige. Concernant les entreprises au sein desquelles nous avons essayé d'implémenter l'outil nous avons conclu l'existence d'un ensemble d'informations permettant d'intégrer l'outil au sein des entreprises.

Pendant la phase de conception: Les données requises peuvent être collectées auprès des clients, ils correspondent à l'ensemble des données relatives aux motifs de zellige les plus demandés par les clients.

Pendant la phase de fabrication: Les données requises peuvent être collectées auprès des fournisseurs et sous-traitants. De même, durant les quatre phases de production des pièces de zellige, les données peuvent être retrouvées en interne au sein des ateliers de production. Ces données correspondent à la matière première utilisée, à l'énergie et aux matières consommables.

Pendant la phase de transport: Les données requises peuvent être collectées auprès des fournisseurs et des transporteurs, ces données correspondent au mode transport et au kilométrage

Pendant la phase de recyclage: Les données requises peuvent être collectées en interne au sein des ateliers de production des pièces de zellige, ils correspondent à l'ensemble des pièces produites et stockées pour une future utilisation. De même, les données concernant la performance de la gestion du produit peuvent être collectées en externe chez les clients et fournisseurs.

Comme nous avons déjà cité précédemment, l'ensemble des informations nécessaires demeurent distribuées chez un nombre important d'acteurs à savoir: En externe, nous retrouvons les fournisseurs, les clients, les sous-traitants.... et en interne, nous retrouvons les informations issues des ateliers de production des pièces de zellige.

D'autant plus, ces données peuvent ne pas être disponibles puisque le secteur artisanal et plus particulièrement le secteur de zellige demeure une filière caractérisée par son originalité depuis des milliers de décennies. Du coup, ces données n'avaient pas été collectées ni au niveau de l'Etat ni au niveau des entreprises.

Ce constat peut mener vers la création de nouveaux flux d'informations ainsi que vers la modification de la stratégie de l'entreprise.

L'intégration de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes de zellige va permettre de modifier la stratégie des entreprises. Du coup, au niveau de la politique générale, l'intégration de l'outil proposé au sein des entreprises va permettre de définir la contrainte technologique comme une valeur leur permettant de justifier la stratégie adoptée vis-à-vis de l'ensemble du personnel de l'entreprise. De ce fait, les entreprises sont ramenées à réorienter leurs stratégies tout en intégrant la technologie comme une valeur dans leurs politiques générales.

Ainsi, la prise en considération d'une nouvelle contrainte comme celle de la contrainte technologique va induire un changement de la hiérarchie des valeurs habituelles de l'entreprise qu'il est nécessaire de la redéfinir.

Les changements au niveau de la stratégie de l'entreprise vont participer dans le changement du système de communication de l'entreprise tant en interne qu'en externe. Alors, la hiérarchie proposée suite à l'instauration de l'outil pourra être présentée comme suit:

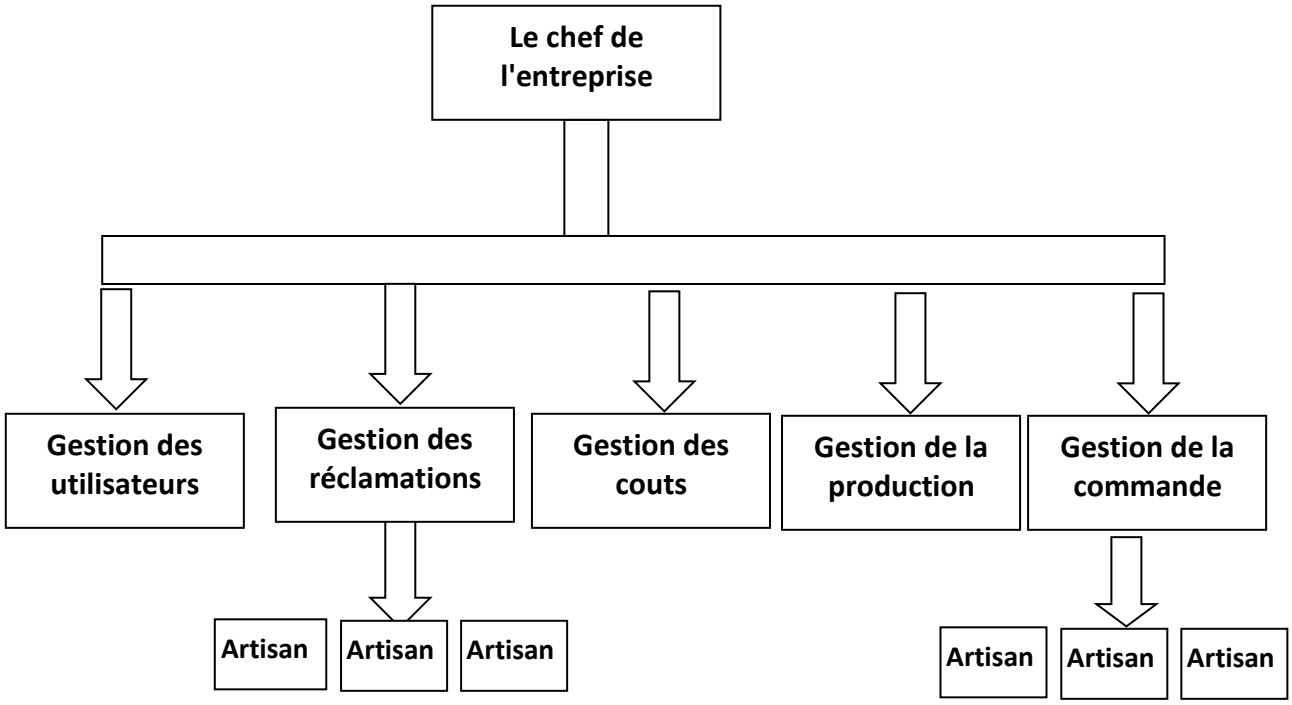


Figure 100: La hiérarchie proposée suite à l'instauration de l'outil.

D'autant plus, les changements induits, suite à l'instauration de la contrainte technologique, vont affecter même les compétences et les connaissances requises.

Du coup, les connaissances et les compétences requises seront en mesure d'être une base solide vis-à-vis l'introduction des changements imposés par l'outil, ce qui nous ramène à dire que la gestion efficace des compétences demeure une nécessité ainsi que les connaissances relatives à la contrainte technologique constituent un levier important vis-à-vis l'intégration de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes. De ce fait, ces entreprises doivent veiller sur la modification de leurs compétences afin de pouvoir parvenir à un niveau de compétences et de connaissances favorisant l'instauration de la contrainte technologique.

Comme nous avons déjà cité précédemment, une organisation est constituée de quatre composantes à savoir: la composante humaine, la composante physique, la composante relative au système de gestion et la composante organisationnelle.

Du coup, l'implémentation de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes va engendrer un ensemble de modifications que nous allons essayer de mettre en évidence avec les composantes de l'organisation. Le tableau suivant va montrer ces modifications.

Tableau 23: Les modifications induites lors de l'implémentation de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes

Les éléments modifiés par l'intégration de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes	Les composantes de l'organisation affectées
Flux d'information	La composante relative au système de gestion: Cela se traduit par l'instauration du système d'information au niveau des entreprises. La composante organisationnelle: Cela se traduit par les circuits d'informations crées.
Relations intra entreprise	La composante humaine: Cela se manifeste par l'ensemble des motivations et attitudes vis-à-vis le personnel de l'entreprise. La composante relative au système de gestion: Cela se manifeste par l'évaluation et le contrôle de la réalisation des objectifs. La composante organisationnelle: Cela se traduit par les circuits d'informations crées.
Relations inter-entreprises	La composante humaine: Cela se manifeste par l'ensemble des motivations et attitudes vis-à-vis le personnel de l'entreprise. La composante relative au système de gestion: Cela se manifeste par l'évaluation et le contrôle de la réalisation des objectifs. La composante organisationnelle: Cela se traduit par les circuits d'informations crées. La composante physique: Il s'agit de l'ensemble des équipements et matières nécessaires en vue de la réalisation des commandes.
Stratégie	La composante humaine: Cela se manifeste par l'ensemble des motivations et attitudes vis-à-vis le personnel de l'entreprise. La composante relative au système de gestion: Cela se manifeste par l'évaluation et le contrôle de la réalisation des objectifs. La composante organisationnelle: Il s'agit de la commande relative à la gestion des utilisateurs permettant la répartition des tâches entre les artisans. La composante physique: Il s'agit de l'ensemble des équipements et matières nécessaires en vue de la réalisation des commandes.
Connaissances et compétences	La composante humaine: Cela se manifeste par l'ensemble des motivations et attitudes vis-à-vis le personnel de l'entreprise. La composante relative au système de gestion: Cela se manifeste par l'évaluation et le contrôle de la réalisation des objectifs. La composante organisationnelle: Il s'agit de la commande relative à la gestion des utilisateurs permettant la répartition des tâches entre les artisans.

A vrai dire, l'instauration de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes va permettre de toucher les quatre composantes de l'organisation.

5- Quelques recommandations pour une bonne gestion du changement

Il est à remarquer que l'instauration de l'outil proposé au sein des entreprises pilotes est confrontée à un certains nombres de problèmes qui peuvent causer un échec vis-à-vis le changement introduit au sein des entreprises. Du coup, pour mener un changement réussi, il est essentiel de structurer la démarche suivie en vue d'instaurer l'outil proposé selon une approche de gestion de changement afin de pouvoir augmenter les chances d'atteinte de l'état final souhaité.

A vrai dire, le changement au sein de l'entreprise nécessite le suivi d'une méthode à travers l'élaboration d'un diagnostic basé sur une analyse initiale de l'organisation du secteur au sein duquel l'outil sera implémenté, la proposition d'un ensemble de solutions permettant le dépassement des risques d'échec, l'évaluation de ces solutions, etc.

L'enjeu réside également dans l'adaptabilité de l'organisation aux différentes contraintes imposées par l'outil PLM. Ainsi, ce retour d'expérience concret, va nous permettre de valider ou invalider l'adaptabilité du logiciel aux différentes contraintes imposées par la spécificité de ce genre d'entreprise ce qui nous confirmeraient si la structure organisationnelle préétablie dans l'outil PLM permet aux entreprises artisanales de conserver leur originalité et en même temps d'assurer une activité et un travail structuré organisé et plus rentable.

VI Conclusion

A vrai dire, le développement des liens sous forme de plateformes logicielles reste l'un des objectifs tracés par l'intégration du PLM au sein d'une industrie. Aussi, cela permettra une gestion efficace des données tout en assurant une communication de l'information entre l'ensemble des acteurs du projet ce qui garantit une prise de décision plus efficace.

Il est à signaler que l'intégration du PLM au sein d'une industrie ne se limite pas à l'introduction de certaines plateformes logicielles assurant la gestion, la coordination et la simplification d'un ensemble de taches relatives au projet. Mais plutôt, une nouvelle problématique pourra s'intervenir tout en engendrant un ensemble de modifications dans l'organisation de l'entreprise et l'affectation des taches. A travers ce chapitre, nous avons essayé d'apporter une réponse à ce sujet d'organisation afin de faciliter l'intégration du PLM au sein d'une entreprise artisanale.

C'est pour cela, nous avons essayé d'étudier la problématique du changement organisationnel au sein de ce chapitre tout en présentant l'implémentation du PLM au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire considéré comme un outil technologique ainsi que sa relation avec le changement organisationnel. D'autant plus, nous avons essayé de présenter l'apprentissage organisationnel tout en donnant un bref aperçu sur trois notions à savoir: les connaissances, les compétences, et l'apprentissage organisationnel. Aussi, nous avons présenté le changement organisationnel au sein du secteur de zellige à travers la présentation d'un ensemble de fonctionnalités permettant l'organisation du secteur à savoir: La gestion des utilisateurs, la gestion des couts, la gestion des réclamations et la gestion de la commande. Après cela, nous avons essayé d'implémenter ce logiciel au sein de deux entreprises pilotes avec une présentation des points de blocage qui peuvent freiner le travail collaboratif.

Alors, Comme la plupart des grands progiciels, le PLM avec sa part d'originalité apporte sa contrepartie de blocage, de conflit et de résistance; qui peut être potentiellement dangereuse si aucune décision n’a été mise en place afin d’atténuer ses conséquences. Ces enjeux s'apparentent à plusieurs facteurs, qui peuvent faire varier considérablement la relation liant le système et l'organisation adoptant le PLM. Pour cela, nous avons proposé d'analyser ces points de blocage qui peuvent s'intervenir à travers la proposition d'un modèle cause-effet qui résume l'ensemble des freins constatés et de proposer quelques recommandations en vue d'aboutir à un changement organisationnel réussi.

Intégrer le PLM au sein d'une entreprise n'est pas évident, il s'agit d'une problématique qui devra prendre en considération certaines notions à savoir la gestion du changement. Pour que l'intégration du PLM soit réussie, les entreprises marocaines doivent faire un effort colossal afin de pouvoir reconsidérer l'ensemble des risques retrouvés. Aussi, les responsables des entreprises doivent collaborer avec les universités afin de pouvoir introduire des formations complémentaires permettant de sensibiliser le personnel des entreprises sur la nécessité d'introduire des approches technologiques au sein des entreprises ainsi que sur la gestion du changement organisationnel et des risques qui en découlent. Une fois nous avons installé une politique se basant sur un changement organisationnel, on peut facilement, et cela en fonction de chaque partie de la structure composant l’entreprise, proposer une démarche PLM et des

outils qui conviennent le plus à la structure concernée pour intégrer le PLM dans leur processus de responsabilité.

Conclusion générale:

A travers notre étude menée au sein de l'entreprise artisanale, nous constatons que cette dernière est considérée comme étant une organisation nécessitant un développement d'un ensemble de processus de plus en plus collaboratifs là où l'ensemble des acteurs sont cadrés et assistés par une multitude de solutions et de moyens assurant une simplification de leur activité journalière tout en se focalisant sur les notions d'échange, de collaboration et de partage des taches d'une manière organisée. Pour cela, les entreprises y compris celles faisant partie du secteur de l'économie sociale, doivent se doter d'un ensemble d'outils collaboratifs (PLM, ERP,….) afin de retrouver une productivité et une efficience meilleure. Mais, l'introduction de ces outils reste un défi que l'entreprise devra surmonter.

Notre travail de recherche s'inscrit pleinement dans une dynamique de gestion du cycle de vie. Il permettra des répondre à un besoin industriel urgent en termes d'instauration d'une contrainte technologique au cours du cycle de vie du produit artisanal. Concernant le contexte de recherche, notre travail se positionne dans un cadre de recherche, diagnostic et proposition de solutions. Il s'agit d'un travail ayant pour objectif la création d'un savoir technologique dans le secteur de l'économie sociale et solidaire tout en explorant les facteurs pouvant influencer l'instauration du PLM au sein du dit secteur et en participant à la minimisation des chutes tout au long du cycle de vie du produit artisanal.

A travers cette étude nous visons la simplification de l'approche PLM pour les entreprises relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire et les encourager à adopter cette approche dans leur processus de production.

Notre travail de recherche repose essentiellement sur un volet technique qui pourra être défini comme étant le côté technique dans le cadre d'instauration d'une approche technologique dans le secteur de l'économie sociale et solidaire. Il s'agit plutôt de la proposition d'une idée visant la minimisation des chutes générées lors de la découpe des carreaux de l'argile dans le secteur de céramique (c'est l'objet de notre demande de brevet au sein de l'OMPIC: voir document brevet) et qui pourra être étalée dans un ensemble de secteurs artisanaux considérant la phase de découpe comme une étape primordiale du cycle de vie de fabrication de leur produit (la gestion de la production). Cette approche devra être accompagnée par une prise en considération des aspects organisationnels dans l'intégration de la contrainte technologique dans le cycle de vie du produit. A vrai dire, l'analyse de cette problématique va permettre la maitrise des risques inhérents d'échec de l'introduction de cette contrainte ainsi que les processus de création des connaissances et compétences. Du coup, dans le cadre d'un changement conscient et avisé, il est essentiel de structurer ce changement selon une approche permettant d'optimiser les chances de succès pour atteindre l'état final souhaité. D'autant plus, le changement au sein d'une organisation devra être mené comme une évolution et non pas comme une révolution par ce que le personnel pourra vivre ce changement comme un bouleversement. Ainsi, gérer le changement consiste à optimiser ses chances de réussite en minimisant voire en désamorçant l'ensemble des facteurs qui produisent une résistance au sein de l'entreprise. Ainsi, la conduite du changement nécessite le déploiement d'une méthode: réaliser un diagnostic sur la base d'une première analyse de l'organisation, proposer des solutions, planifier et évaluer ces solutions. Pour cela, nous avons proposé un ensemble de fonctionnalités permettant l'organisation du secteur à savoir: La

gestion des utilisateurs, la gestion de la commande, la gestion des couts, la gestion des réclamations (ces quatre fonctionnalités sont décrites dans la figure suivante). Et la gestion de la production que nous avons décrite précédemment.

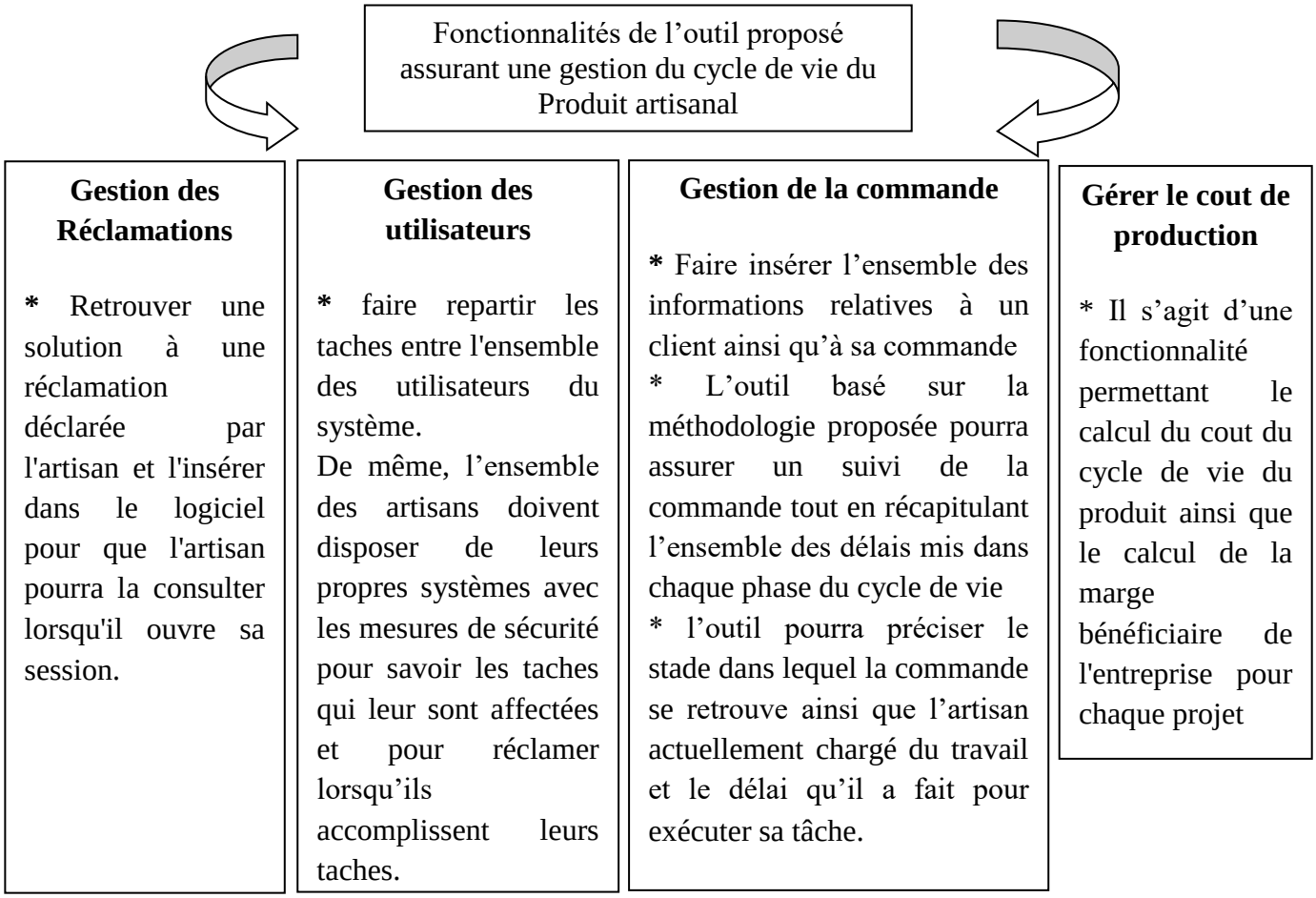


Figure 101: Les fonctionnalités modifiant la structure organisationnelle des entreprises pilotes dans le logiciel proposé

Le présent travail pourra être considéré comme un diagnostic au sein du secteur de l'économie sociale et solidaire marocain nous permettant ainsi de mettre la main sur l'ensemble des facteurs empêchant les entreprises de ce secteur à intégrer ce genre d'approches ainsi que les leviers et bénéfices favorisant cette intégration. Notre étude a été élaborée au sein d'une diversité de filières relevant du secteur de l'économie sociale et solidaire, le nombre d'entreprises concernées était de 132 entreprises. De ce fait, nous proposons à l'état de mener une étude plus vaste et plus approfondie à travers l'élargissement de la base de sondage pour qu'elle puisse inclure un nombre plus important d'entreprises ainsi que l'instauration d'une stratégie permettant d'introduire une représentativité importante de l'ensemble des régions marocaines dans l'échantillon enquêté et cela en collaboration avec l'ensemble des universités marocaines ainsi qu'avec le Ministère de l'Artisanat et de l'Economie Sociale et Solidaire au Maroc.

D'autant plus, la minimisation des chutes demeure un problème redondant au sein de certaines filières du secteur de l'économie sociale et solidaire là où la phase de découpe

représente une étape primordiale du cycle de vie de la fabrication du produit final. Du coup, nous avons proposé une méthodologie se basant sur le principe de la minimisation des chutes générées lors de la découpe et qui vise à suivre un certain nombre d'étapes La première étape concerne la présentation d'une multitude de motifs et l'identification des formes composant le motif choisi. La deuxième étape va permettre de présenter les combinaisons qui vont être utilisées par les artisans. La troisième étape qui va nous donner le nombre exact de formes et de combinaisons à produire en fonction la surface choisie. La quatrième étape nous fournit les formes qui doivent être ajoutées au stock.

Concernant l'étude de cas, nous avons essayé de prendre la filière de zellige là où nous avons appliqué l'algorithme proposé tout en le transformant en un logiciel pouvant remédier à la problématique de découpe tout en gérant le cycle de vie du produit depuis la visite d'un client à l'entreprise et le choix du décor voulu, jusqu'à la phase de recyclage en présentant le nombre de formes à stocker pour une future utilisation. De même, nous avons essayé d'introduire dans ce logiciel un ensemble de fonctionnalités permettant la gestion organisationnelle de la filière à savoir: la gestion des utilisateurs, des couts, des réclamations, et de la commande.

Nos perspectives s'articulent autour de plusieurs volets à savoir:

L'amélioration des fonctionnalités au sein du logiciel proposé par exemple: la fonctionnalité relative à la gestion des couts pourra être étendue pour assurer une génération des tableaux et graphiques représentant l'évolution (%) des charges et des bénéfices entre deux périodes bien déterminées ainsi que l'évolution (%) des couts pour chaque phase du cycle de vie du produit.

De même, nous pouvons envisager une extension de l'application chez les clients et les fournisseurs: alors, les fournisseurs peuvent avoir leurs propres sessions pour pouvoir recevoir les commandes relatives à livraison de la matière première issues de l'ensemble des entreprises qui ont opté pour l'implémentation de cette application. Alors, cette fonctionnalité va permettre aux fournisseurs d'organiser leur travail tout en présentant un certain nombre d'avantages à savoir:

- calculer le délai de séjour de la matière première depuis la demande de la matière première par l'entreprise jusqu'à la réception de la commande qui sera envoyée par le fournisseur à l'entreprise.
- Traiter les commandes reçues par ordre d'arrivée (premier arrivé premier servi). Une fois la commande sera envoyée à l'entreprise, elle va disparaitre du menu qui affiche les commandes en instance.
- Afficher les couts de chaque commande.

Concernant l'extension de l'application chez les clients, on envisage de créer un site internet qui va permettre de présenter un ensemble de motifs de zellige et que le client pourra

créer une session avec un nom d'utilisateur et un mot de passe pour effectuer sa commande à distance et pour pouvoir suivre l'état d'avancement de sa commande.

De même nous traçons comme objectif d'essayer de résoudre l'anarchie et le désordre retrouvés au sein des ateliers artisanaux par la proposition d'une solution pouvant être utile au sein du secteur artisanal et plus précisément au sein de l'industrie de céramique, il s'agit d'une armoire intelligente.

L'armoire est subdivisée en plusieurs compartiments à section rectangulaire, chacun d'entre eux est destiné à ranger une catégorie de formes.

L'armoire comporte une trieuse par formes. Alors, si nous voulons stocker un nombre de formes dans l'armoire nous insérons ces formes dans la trieuse de formes qui opère selon le principe de tri optique, il s'agit d'un dispositif permettant de trier automatiquement le matériau défectueux en utilisant la technologie de détection optoélectronique en fonction de la différence des caractéristiques optiques des matériaux. Selon les types de capteurs utilisés et l'intelligence logicielle du système de traitement d'image, les trieuses optiques peuvent reconnaître la couleur, la taille et la forme des objets et sont capables de comparer les objets à des critères d'acceptation/rejet définis par l'utilisateur pour séparer les produits de différentes qualités ou types de matériaux.

Une fois la trieuse termine la tâche qui lui est assignée les formes triées sont jetées dans des tiroirs de sorties qui sont équipés d'un dispositif servant à identifier les formes que nous envisageons stocker dans le tiroir. Alors, le tiroir est doté d'un capteur d'images numérique utilisé pour enregistrer des images de formes, une fois cela est fait il y'a une unité de reconnaissance de formes qui applique un algorithme de reconnaissance de formes aux images capturées, les formes reconnues sont affichées sur une unité d'affichage.

De même, les tiroirs sont équipés d'un compteur permettant de compter le nombre de formes. Les données retrouvées sont enregistrées dans la carte utilisateur.

L'armoire présente une fente par laquelle la carte pourra être introduite, elle est munie d'un micro puce qui peut stocker en permanence des données au moyen d'un archive électronique.

L'armoire est munie d'un clavier et d'un écran.

Pour retirer les formes, nous pouvons taper sur le clavier le nombre de formes, et de choisir le type de formes que nous voulons. Les formes choisies sont libérées et tombent dans le tiroir destiné pour le retrait des formes demandées. Le tiroir de sortie est doté d'un compteur qui pourra compter les formes retirées et qui vont être déduites du total.

Bibliographie:

1- J. STARK, Product lifecycle management, In Product Lifecycle Management 1 Springer, Cham, 2015, pp. 1–29, https://doi.org/10.1007/978-3-319-17440-2_1.

2- K.H. KUNG, C.F. HO, W.H. HUNG, C.C. WU, Organizational adaptation for using PLM systems: group dynamism and management involvement, Ind. Mark. Manag. 44(2015) 83–97, https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.04.018.

3- DEBAECKER, D. (2004). "PLM la gestion collaborative du cycle de vie des produits: Product Life-Cycle Management" Hermès-Lavoisier, Paris

4- CIMdata Inc., 2003, Product Lifecycle Management "Empowering the future of business".

5- S. TERZI, A. BOURAS, D. DUTTA, M. GARETTI, D. KIRITSIS, Product lifecycle management from its history to its new role, Int. J. Prod. Lifec. Manag. 4 (4) (2010) 360–389.

6- SAAKSVUORI, IMMONEN, A., (2008). Product Lifecycle Management. (Springer,2008), Berlin, Germany.

7- GARETTI M., TERZI S., BERTACCI N., BRIANZA M., « Organizational change and knowledge management in PLM implementation », International Journal Product Lifecycle Management (IJPLM), Vol. 1, No. 1, 2005.

8- CANTAMESSA M., MONTAGNA F., NEIROTTI P., « An empirical analysis of the PLM implementation effects in the aerospace industry », Computers in Industry 63, pp 243–251, 2012.

9- PERUZZINI M., MENGONI M., GERMANI M., « PLM benefits for networked SMEs », 8th International Conference on Product Lifecycle Management (IFIP), 2011.

10- ZHANG H., OUZROUT Y., BOURAS A., SAVINO M.M., « Sustainability consideration within Product Lifecycle Management through Maturity Models Analysis », International Journal of Services and Operations Management (IJSOM), Vol. 19, No. 2, 2014.

11- FELIC A., KÖNIG-RIES B., KLEIN M., « Process-Oriented Semantic Knowledge Management in Product Lifecycle Management », 8th International Conference on Digital Enterprise Technology, pp 361 – 368, 2014.

12- MAS F., ARISTA R., OLIVA M., HIEBERT B., GILKERSON I., RIOS J., « A review of PLM impact on US and EU Aerospace Industry », Procedia Engineering 132, pp 1053 – 1060, 2015. DOI: 10.1108/BPMJ-05-2015-0078.

13- SCHUH, G., ROZESFELD H., ASSMUS, D., ZANCUL, E. Process oriented framework to support PLM implementation. Computers in Industry, Vol.59, p. 210–218, 2008.

14- FICHMAN R.G., NAMBISAN S., HALPERN M., « Configurational Thinking and Value Creation from Digital Innovation: The Case of Product Lifecycle Management Implementation », Innovation and IT in an International Context, pp115-139, May 2013.

15- BACZKOWSKI M., « Amélioration du processus de déploiement d'une solution PLM par l'utilisation de cartes heuristiques et de persona : cas LASCOM », THÈSE, Université de Bordeaux, Décembre 2012.

16- D'AVOLIO E., BANDINELLI R., RINALDI R., "Improving new product development in the fashion industry through product lifecycle management: a descriptive

analysis", Int. J. Fashion Des. Technol. Educ. 8 (2) (2015) 108–121, https://doi.org/10.1080/17543266.2015.1005697.
17- THOMAS E., ANDREAS E., JENS C.G., MARTIN E., (2020). "A Metadata Repository for Semantic Product Lifecycle Management". 30th CIRP Design 2020.
18- SAKAO T., LIU Y., GUSTAFSSON R., & THORNBLAD G., (2017, July). "A method for lifecycle design of product/service systems using PLM software". In Proceedings of the IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (pp. 710–718). Springer, Cham. 10.1007/978-3-319-72905-3_63.
19- TCHOFFA D., FIGAY N., GHODOUS P., PANETTO H., El MHAMEDI A., (2021). "Alignment of the product lifecycle management federated interoperability framework with internet of things and virtual manufacturing". Computers in Industry. Volume 130, September 2021, 103466 https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103466.
20- LIU X.L., WANG W.M., GUO H., BARENJI A. V., Li Z., HUANG G. Q., "Industrial blockchain based framework for product lifecycle management in industry 4.0", Robotics and Computer Integrated Manufacturing 63 (2020) 101897, https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101897.
21- JIEWU L., GUOLEI R., PINGYU J., KAILIN X., QIANG L., XUELIANG Z., & CHAO L., (2020). "Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: A survey". Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 132, October 2020, 110112 https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110112.
22- MCKENDRY D.A.,WHITFIELD R.I., DUFFY A.H.B., (2022). "Product Lifecycle Management implementation for high value Engineering to Order programmes: An informational perspective". Journal of Industrial Information Integration Volume 26, March 2022, 100264. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100264.
23- CAMBA J.D., CONTERO M., SALVADOR-HERRANZ G., PLUMED R., "Synchronous communication in PLM environments using annotated CAD models", J. Syst. Sci. Syst. Eng 25 (2016) 142–158, http://dx.doi.org/10.1007/s11518-016-5305-5.
24- BERTONI M., BERTONI A., 2022. "Designing solutions with the product-service systems digital twin: what is now and what is next?" Comput. Ind. 138,103629.
25- EBEL M., JASPERT D., POEPPELBUSS J., 2022. "Smart already at design time – pattern-based smart service innovation in manufacturing". Comput. Ind. 138,103625.
26- WOITSCH R., FALCIONI D., SUMEREDER A., 2022. "Model-based data integration along the product & service life cycle supported by digital twinning". Comput. Ind. 140, 103648
27- New S.J., The scope of supply chain management research, Supply chain Management, Vol.2, No.1, pp. 15-22, 1997.
28- TAYUR S., GANESHAN R., Magazine M., Quantitative models for supply chain management, Kluwer Academic Publishers, 1999.
29- HARMON R.L, Reinventing the factory II. The Free Press, 1992.
30- GERACI, A., et al. (1991) IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries.
31- PANETTO H., MOLINA A., (2008). "Enterprise Integration and Interoperability in Manufacturing Systems: trends and issues". In: Special issue on Enterprise Integration and

Interoperability in Manufacturing Systems, A. Molina and H. Panetto (Eds). Computers In Industry, 59/5, May, Elsevier, ISSN: 0166-3615

32- Koufteros, X.A., Vonderembse, M.A., Doll, W., 2001. Con-current engineering and its consequences. Journal of Opera-tions Management 19, 97–115.

33- LU S.C-Y., ELMARAGHY W., SCHUH G., WILHELM R., "A scientific foundation of collaborative engineering " CIRP Annals Volume 56, Issue 2, 2007, Pages 605-634.

34- BRAUDEL H., NICOT M., DUNYACH J.C., "Overall presentation of the enhance project" Air & Space Europe Volume 3, Issues 3–4, May–August 2001, Pages 49-52.

35- FERU, F., VAN, T. N., GUELLEC, P., YANNOU, B. (2006). Engineering data management for extended enterprise-Context of the european VIVACE project. In International Conference on Product Lifecycle Management–PLM (Vol. 6).

36- PARDESSUS T., 2004. Concurrent engineering development and practices for aircraft design at Airbus. In: Proceedings of the 24th ICAS Conference, pp. 1-9.

37- FRASER J., KERBOUL G. "A Holistic Approach to Pharmaceutical Manufacturing: Product Lifecycle Management Support for High Yield Processes to Make Safe and Effective Drugs" Pharmaceutical Engineering, 32 (2) (2012), pp. 24-29

38- CESPI, D., BEACH, E. S., SWARR, T. E., PASSARINI, F., VASSURA, I., DUNN, P. J., & ANASTAS, P. T. (2015). Life cycle inventory improvement in the pharmaceutical sector: assessment of the sustainability combining PMI and LCA tools. Green Chemistry, 17(6), 3390-3400.

39- MOUSAVI A., MOHAMMADZADEH M., ZARE H., "Developing a System Dynamic Model for Product Life Cycle Management of Generic Pharmaceutical Products: Its Relation with Open Innovation" Journal of Open Innovation: Technology, Market, and ComplexityVolume 8, Issue 1, March 2022, 14

40- MERKURYEVA G., VALBERGA A., SMIRNOV A., "Demand forecasting in pharmaceutical supply chains: A case study" Procedia Computer Science Volume 149, 2019, Pages 3-10.

41- BABKIN A., GLUKHOV V., SHKARUPETA E., BARABANER H., "Methodology for Assessing Industrial Ecosystem Maturity in the Framework of Digital Technology Implementation" Dec 2021 International Journal of Technology

42- AKBERDINA V.V., 2018. "Digitalization of industrial markets: Regional characteristics" Upravlenets, Ural State University of Economics, vol. 9(6), pages 78-87, December.

43- MAIOROVA K. S., (2021). "Transformation Of Industrial Business Platforms In The Context Of Digitalization". International research journal, (12-4 (114)), 87-92.

44- BERTOLINI, M., MEZZOGORI, D., NERONI, M., & ZAMMORI, F. (2021). Machine Learning for industrial applications: A comprehensive literature review. Expert Systems with Applications, 175, 114820.

45- DALENOGARE, L. S., BENITEZ, G. B., AYALA, N. F., & FRANK, A. G. (2018). "The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance". International Journal of production economics, 204, 383-394.

46- DANIYAN, I., MUVUNZI, R., & MPOFU, K. (2021). "Artificial intelligence system for enhancing product's performance during its life cycle in a railcar industry". Procedia CIRP, 98, 482-487.
47- BARRIOS P., DANJOU C., EYNARD B., "Literature review and methodological framework for integration of IoT and PLM in manufacturing industry" Computers in Industry Volume 140, September 2022, 103688
48- GEHRKE I., SCHAUSS M., KUSTERS D., GRIES T.," Experiencing the potential of closed-loop PLM systems enabled by Industrial Internet of Things" Procedia Manufacturing Volume 45, 2020, Pages 177-182
49- ROMERO D., WUEST T., HARIK R., THOBEN K. D., "Towards a Cyber-Physical PLM Environment: The Role of Digital Product Models, Intelligent Products, Digital Twins, Product Avatars and Digital Shadows" IFAC-PapersOnLine Volume 53, Issue 2, 2020, Pages 10911-10916
50- KARR C., (1999), « les entreprises sous le choc des réseaux : difficultés et promesses des approches micro-économique et stratégique » in L'Entreprise et « l'effet réseau » publié par la Commission du Management de l'Information et de la Communication du CNISF (Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France) l'automne 1999 - édité par l'ADBS
51- MUSSO P., (1994), « Communiquer demain, nouvelles technologies de l'information et de la communication », Édition l'aube.
52- PFEIFFER A., (1999), « NTIC de la technologie vers les services » in Courrier ANVAR, N° 117, avril., www.Anvar.fr.
53- EVERAERE C., (1997), « Management de la fléxibilté », Economica, Paris.
54- BENGHOZI P.J., FLICHY P., et IRIBARNE A., (2000), « Le développement des NTIC dans les entreprise françaises », Réseaux, n° 104, pp. 31-59.
55- BEAUDOUIN V., CARDON D., et MALLARD A., (2001), « De clic en clic, créativité et rationalisation dans les usages des intranets d'entreprise » Sociologie de travail, n° 43, p. 309-326.
56- PEPPERS D., ROGERS M., et DORF B., (1999), « Le one to one en pratique », ed. Organisation, Paris.
57- BEVANENT C., (2000), « Les NTIC, le marketing stratégique et le jeux concurrentiel », Revue Française de Gestion, n° 129 juin-août, pp. 91-100.
58- KOLTER P., et DUBOIS B., (1997), Marketing management, 9e édit. Publi-Union.
59- WALDMAN D.A., (1994). « La gestion de la performance et la qualité totale », Revue Internationale de Gestion, vol. 19, no 3, p. 39-47.
60- KREBS V., & MICHALSKI, J., 1996. Visualizing human networks. Esther Dyson's Monthly Report, 1(February), pp.1–32.
61- ABERKANE S., FARHANE Y., "Towards Improved Management Within the Cottage Industry: Product Lifecycle Management Case." Management Systems in Production Engineering. 3923;31(2): 102-110. https://doi.org/10.2478/mspe-2023-0013.
62- ABERKANE S., FARHANE Y., "Production Within the Moroccan Cottage Industry: Framing the Problems, Levers and Solutions" Lecture Notes in Mechanical Engineering Pages

426 - 4382023 12th International Conference on Integrated Design and Production, CPI 2022Rabat10 May 2022through 12 May 2022.
63- AJAYI S.O., OYEDELE L.O., AKINADE O.O., BILAL M., ALAKA H.A., OWOLABI H.A., KADIRI K.O., "Attributes of design for construction waste minimization: A case study of waste-to-energy project" Sustainable Energy Reviews Volume 73, June 2017, Pages 1333-1341.
64- MUTHUKKAUPPAN M., PARTHIBAN P., 2018. A study on the physicochemical characteristics of tannery effluents collected from Chennai. Int. Res. J. Eng. Technol. 5 (3), 24–28.
65- ILOU I., SOUABI S., DIGUA K., 2014. Quantification of pollution discharges from tannery wastewater and pollution reduction by pre-treatment station. Int. J. Sci. Res. 3 (5), 1706–1715.
66- GENAWI N.M., IBRAHIM M.H., El-NAAS M.H., ALSHAIK A.E., 2020. Chromium removal from tannery wastewater by electrocoagulation: Optimization and sludge characterization. Water 12 (5), 1–12.
67- LIU M.C., CHEN C.M., CHENG H.Y., CHEN H.Y., SU Y.C., HUNG T.Y., 2002. Toxicity of different industrial effluents in taiwan: a comparison of the sensitivity of Daphnia Similis and Microtox. Environ. Toxicol. 17 (2), 93–97.
68- PAVIOT T., "Méthodologie de résolution des problèmes d'interopérabilité dans le domaine du Product Lifecycle Management" these de doctorat Ecole Centrale Paris, 2010.
69- ABERKANE S., FARHANE Y., (in press) " Product Lifecycle Management in the cottage industry: Development of software for the zellige sector." International Journal of Product Lifecycle Management.
70- YESILAY S., ÇAKI M., & ERGUN H., (2017). Usage of marble wastes in traditional artistic stoneware clay body. Ceramics International, 43(12), 8912-8921.
71- GAJEK M., PARTYKA J., LE´SNIAK M., RAPACZ-KMITA A., WOJCIK Ł., ´ Gahnite white colour glazes in ZnO–R2O–RO–Al2O3–SiO2 system, Ceram. Int. 44 (2018) 15845–15850, https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.05.265.
72- ULUBEYLI G.C., ARTIR R., Properties of hardened concrete produced by waste marble powder, Procedia - Soc. Behav. Sci. 195 (2015) 2181–2190, https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2015.06.294.
73- ACCHAR W., VIEIRA F.A., HOTZA D., Effect of marble and granite sludge in clay materials, Mater. Sci. Eng. 419 (2006) 306–309, https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2006.01.021.
74- MONTERO M.A., JORDAN M.M., HERNANDEZ-CRESPO M.S., SANFELIU T., The use of sewage sludge and marble residues in the manufacture of ceramic tile bodies, Appl. Clay Sci. 46 (2009) 404–408, https://doi.org/10.1016/J.CLAY.2009.10.013.
75- MUNIR M.J., KAZMI S.M.S., WU Y.F., HANIF A., KHAN M.U.A., Thermally efficient fired clay bricks incorporating waste marble sludge: an industrial-scale study, J. Clean. Prod. 174 (2018) 1122–1135, https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.060
76- SEGADAES A.M., CARVALHO M.A., ACCHAR W., Using Marble and Granite Rejects to Enhance the Processing of Clay Products, 2005, https://doi.org/10.1016/j.clay.2005.03.004.

77- GOL F., SARITAS Z.G., CIBUK S., TURE C., KACAR E., YILMAZ A., ARSLAN M., SEN F., Coloring effect of iron oxide content on ceramic glazes and their comparison with the similar waste containing materials, Ceram. Int. (2021), https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2021.10.001.
78- LIANG Y., LIU W., DING H., ZHANG H., Li W., Rutile-perovskite multi-phase composite by mechano-chemical method together with calcination: preparation and application in coatings and ceramic glaze, Ceram. Int. 47 (2021) 2261–2269, https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.066.
79- GULMEZ, N., n.d. Performance of Marble Powder on Cementitious Composites Including Waste Steel Chips as an Additive. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125369.
80- AWAL A.S.M.A., MOHAMMADHOSSEINI H., 2016. Green concrete production incorporating waste carpet fiber and palm oil fuel ash. J. Clean. Prod. 137, 157-166.
81- HEMALATHA T., RAMASWAMY A., 2017. A review on fly ash characteristicseTowards promoting high volume utilization in developing sustainable concrete. J. Clean. Prod. 147, 546e559.
82- HUSEIEN G.F., SHAH K.W., 2020. Durability and life cycle evaluation of selfcompacting concrete containing fly ash as GBFS replacement with alkali activation. Construct. Build. Mater. 235, 117458.
83- GIACOMINI P., 2018. World production and consumption of ceramic tiles. Ceram. World Rev. 85, 54-62.
84- PACHECO-TORGAL F., JALALI S., 2010. Reusing ceramic wastes in concrete. Construct. Build. Mater. 24 (5), 832-838.
85- SUZUKI M., MEDDAH M.S., SATO R., 2009. Use of porous ceramic waste aggregates for internal curing of high-performance concrete. Cement Concr. Res. 39 (5), 373-381.
86- ZEGARDLO B., SZELAG M., OGRODNIK P., 2016. Ultra-high strength concrete made with recycled aggregate from sanitary ceramic wasteseThe method of production and the interfacial transition zone. Construct. Build. Mater. 122, 736-742.
87- ANDERSON D.J., SMITH S.T., AU F.T., 2016. Mechanical properties of concrete utilizing waste ceramic as coarse aggregate. Construct. Build. Mater. 117, 20-28.
88- SENTHAMARAI R.M., MANOHARAN P.D., GOBINATH D., 2011. Concrete made from ceramic industry waste: durability properties. Construct. Build. Mater. 25 (5), 2413-2419.
89- Farhane Y., (2015) "contribution à l'intégration de l'éco-conception dans l'industrie marocaine: Aspects organisationnel et technique" Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Fès.
90- PAUL C. G et GOMORY R E. 1963: A linear programming approach to the cutting stock problem – part II. Operations Research, 11: 863–888, 1963. 2 citations sur les pages 12 et 14.
91- GLAUBER C, FLAVIO K. M, WAKABAYASHI Y et XAVIER E C., 2008.: Algorithms for two-dimensional cutting stock and strip packing problems using dynamic

programming and column generation. European Journal of Operational Research, 191: 61–85, novembre 2008.
92- OLIVEIRA J.F., FERREIRA J.S., 1993. Algorithms for nesting problems, Applied Simulated Annealing. In: Vidal, R.V.V. (Ed.), Lecture Notes in Econ. and Maths Systems, Vol. 396. Springer Verlag, pp. 255–274.
93- SEGENREICH S.A., BRAGA L.M., 1986. Optimal nesting of general plane figures: a Monte Carlo heuristical approach. Computers & Graphics 10, 229–237.
94- BABU, A.R., BABU N.R., 2001. A generic approach for nesting of 2-D parts in 2-D sheets using genetic and heuristic algorithms. Computer-Aided Design 33, 879–891.
95- PREPARATA F.P., SHAMOS M.I., 1985. Computational Geometry: An Introduction. Springer-Verlag.
96- MAHADEVAN A., 1984. Optimisation in computer aided pattern packing, Ph.D. Thesis, North Carolina State University.
97- WHITWELL G., 2005. PhD. thesis, School of Computer Sciences, University of Nottingham, UK.
98- LI Z., MILENKOVIC V., 1995. Compaction and separation algorithms for non-convex polygons and their application. European Journal of Operations Research 84, 539–561.
99- WATSON P.D., TOBIAS A.M., 1999. An efficient algorithm for the regular W1 packing of polygons in the infinite plane. Journal of the Operational Research Society 50 (10), 1054–1062.
100- AGARWAL P.K., FLATO E., HALPERIN, D., 2002. Polygon decomposition for efficient construction of Minkowski sums. Computational Geometry Theory and Applications 21,29–61.
101- STOYAN Y.G., TERNO J., SCHEITHAUER G., GIL N., ROMANOVA T., 2001. Phi-functions for primary 2D-objects. Studia Informatica Universalis 2 (1), 1–32.
102- STOYAN Y.G., SCHEITHAUER G., GIL N., Romanova, T., 2004. U-functions for complex 2D-objects. 4OR: Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies 2, 69- 84
103- GLASBEY C.A., HORGAN G.W., Image analysis for the biological Sciences (Wiley, Chisester, 1994).
104- GRATIAS D., (2002). Une Méthode de Pavage Quasi-périodique. Tangente, Vol. 85, Sciences et Oeuvres d'Art, dossier 'La Symétrie', pp. 34–36. Paris: Editions Pole.
105- JARIC M. V., (1989). Editor. Introduction to the Mathematics of Quasicrystals, Vol. 2, pp. 29–33. San Diego: Academic Press.
106- CASTERA J. M. « ARABESQUES, art décoratif au Maroc ». ACR Edition 96.
107- LOCAZE D., (2007). « La gestion de l'intégration en entreprise: L'apport du concept de socialisation organisationnelle », Management et Avenir, N°14, 9-26, Octobre.
108- HULIN A., (2007), « Le tutorat: Un outil d'accueil et d'intégration des nouveaux salariés en entreprise », Cahier de recherche du CERMAT, Vol. 20, No. 140.
109- NONAKA I., and TAKEUCHI H., (1995), The Knowledge-Creating Company, Oxford, Oxford University Press.
110- POLANYI M., (1966), The Tacit Dimension, Garden City, NY, Doubleday

111- PEMARTIN D., (1999), Gérer par les compétences ou comment réussir autrement ?, EMS, Coll. l'actualité de la gestion.
112- CANBALOGLU G., TREUR J., ROELOFSMA P., "Computational Modeling of Organisational Learning by Self-Modeling Networks" November 2021Cognitive Systems Research 73:51-64 DOI: 10.1016/j.cogsys.2021.12.003.
113- CANBALOGLU G., TREUR J., WIEWIORA A., "Adaptive network modeling of the influence of leadership and communication on learning within an organization" Research Volume 79, June 2023, Pages 55-70.
114- GIRAUD F., NAULLEAU G., DELMOND M.H., BESCOS P.L., SAULPIC O., "Contrôle de gestion et pilotage de la performance" Edition Gualino septembre 2002.

ANNEXES

Annexe 1: les tableaux de bord 2019 de la commission européenne sur les investissements en recherche et développement (R&D) industriels

Tableau 1: pour le secteur de l'aéronautique et de la défense

World rank	Company	Country	Industry	R&D 2018/19 (€million)	R&D one-year growth (%)	Employees	Employees one-year growth (%)	Net sales (€million)	Net sales one-year growth (%)
48	AIRBUS	Netherlands	Aerospace & Defence	3308,0	9,3	133671,0	3,3	63707,0	7,9
56	BOEING	US		2650,7	5,0	153000,0	8,7	88320,5	7,6
65	UNITED TECHNOLOGIES	US		2150,2	3,1	240000,0	17,1	58079,4	11,1
107	LEONARDO	Italy		1401,0	-7,5	46462,0	2,9	12240,0	6,2
115	ROLLS-ROYCE	UK		1269,5	16,0	54500,0	9,0	17439,9	6,7
134	LOCKHEED MARTIN	US		1135,4	8,3	105000,0	5,0	46953,7	7,6
141	SAFRAN	France		1075,0	17,7	92639,0	58,8	21025,0	22,8
161	BOMBARDIER	Canada		992,1	-8,0	64010,0	0,0	14179,9	0,2
209	THALES	France		714,9	13,2	66135,0	2,0	15854,7	4,1
254	TEXTRON	US		561,6	1,4	35000,0	-5,4	12202,6	-1,6
309	GENERAL DYNAMICS	US		438,4	-3,6	105600,0	7,1	31609,6	16,9
310	ROCKWELL COLLINS	US		438,4	53,5	31200,0	7,6	7567,7	27,0
367	DASSAULT AVIATION	France		359,3	28,4	11395,0	-1,4	5119,2	4,5
438	L3 TECHNOLOGIES	US		284,7	13,6	31000,0	0,0	8946,7	7,0
477	EMBRAER	Brazil		262,7	-32,5	18520,0	0,5	4220,4	0,0
489	ELBIT SYSTEMS	Israel		251,0	8,4	16149,0	26,4	3217,2	9,1
496	BAE SYSTEMS	UK		247,3	-21,2	78000,0	2,6	18650,7	-2,3
543	SAAB	Sweden		216,8	8,0	17096,0	4,1	3233,2	5,6
715	TELEDYNE TECHNOLOGIES	US		162,1	4,4	10850,0	4,9	2534,3	11,4
728	IAI	Israel		157,2	-1,1	14857,0	-3,3	3074,2	-1,6
742	MEGGITT	UK		153,3	25,3	11382,0	2,8	2306,9	4,3
766	KOREA AEROSPACE INDUSTRIES	South Korea		148,0	20,1			2180,9	34,4
795	MTU AERO ENGINES	Germany		141,1	-15,2	9731,0	10,0	4567,1	-9,3
864	HANWHA AEROSPACE	South Korea		127,0	-10,8			3485,9	5,6
944	COBHAM	UK		114,4	-15,3	10069,0	-6,9	2066,0	-10,9
949	MOOG	US		113,7	-10,0	11787,0	10,4	2366,3	8,5
1135	CAE	Canada		90,5	15,5	10000,0	17,6	2115,4	17,0
1251	KONGSBERG GRUPPEN	Norway		79,9	-6,5	6842,0	0,2	1445,3	-0,8

1260	ESTERLINE TECHNOLOGIES	US		79,4	-11,8	12609,0	-4,9	1777,2	1,7
1268	AVIC AIRCRAFT	China		78,6	-21,8	32599,0	-1,4	4230,4	7,6
1320	NAVAL	France		74,9	-17,3	13612,0	6,4	3608,0	-2,4
1346	KMW+NEXTER DEFENSE SYSTEMS	Netherlands		72,7	-12,9	7545,0	2,9	2245,3	-15,2
1426	AXON ENTERPRISE	US		67,1	38,8	1386,0	26,6	366,9	22,2
1467	TRANSDIGM	US		64,5	0,0	10100,0	9,8	3328,5	8,8
1539	AECC AVIATION POWER	China		60,8	13,9	37046,0	-6,0	2888,6	2,1
1598	CHINA AVIONICS SYSTEMS	China		56,9	14,6	13832,0	-2,6	949,7	9,0
1611	CURTISS-WRIGHT	US		56,4	7,0	9000,0	4,7	2106,4	6,2
1769	HEICO	US		50,2	23,6	5400,0	5,9	1552,6	16,6
1827	CHINA AEROSPACE TIMES ELECTRONICS	China		48,3	-9,1	14949,0	-1,3	1707,1	4,8
1831	AVIC ELECTROMECHANICAL SYSTEMS	China		48,2	31,9	32581,0	45,9	1447,8	3,9
1854	ALLEGION	Ireland		47,5	12,6	11000,0	10,0	2385,8	13,4
1934	PILATUS AIRCRAFT	Switzerland		45,2	-52,3	2283,0	8,0	968,5	10,8
1996	TR*IUMPH	US		43,6	-31,4	10776,0	-20,5	2938,8	5,2
2089	RUAG	Switzerland		40,8	-13,2	9127,0	-0,7	1772,1	2,2
2090	AEROJET ROCKETDYNE	US		40,8	4,7	5004,0	-3,0	1655,8	1,0
2138	AVIC HELICOPTER CO.	China		39,0	-25,2	12067,0	-2,2	1638,7	8,3
2212	LIG NEX1	South Korea		37,2	4,7			1378,7	-5,3
2217	SPIRIT AEROSYSTEMS	US		37,1	36,2	17000,0	16,4	6307,4	3,4
2408	SENIOR	UK		32,9	16,0	8068,0	5,4	1199,8	5,7
2492	ULTRA ELECTRONICS	UK		30,9	0,0	4119,0	-1,3	850,1	-1,1

Tableau 2: Pour le secteur pharmaceutique.

World rank	Company	Country	Industry	R&D 2018/19 (€million)	R&D one-year growth (%)	Employees	Employees one-year growth (%)	Net sales (€million)	Net sales one-year growth (%)
8	ROCHE	Switzerland	Pharmaceuticals & Biotechnology	9797,9	6,3	94442,0	0,8	50418,5	6,7
9	JOHNSON & JOHNSON	US		9410,5	2,1	135100,0	0,8	71249,7	6,7
12	MERCK US	US		8455,9	-4,7	69000,0	0,0	36938,0	5,4
14	NOVARTIS	Switzerland		7998,2	4,2	125161,0	2,9	46433,2	6,0
17	PFIZER	US		6816,6	5,5	92400,0	2,4	46853,3	2,1
22	SANOFI	France		5890,0	8,1	104226,0	-2,2	34463,0	-1,7
24	BRISTOL-MYERS SQUIBB	US		5472,5	5,3	23300,0	-1,7	19703,9	8,6
26	BAYER	Germany		5109,0	-1,0	116998,0	17,2	39586,0	-14,1
29	ASTRAZENECA	UK		4631,4	-2,7	64400,0	5,6	19292,6	-1,7
30	ABBVIE	US		4566,8	5,0	30000,0	3,4	28605,2	16,1
34	GLAXOSMITHKLINE	UK		4141,3	-3,3	95490,0	-3,0	34173,6	2,1
37	CELGENE	US		3972,1	14,6	8852,0	18,5	13345,8	17,5
41	GILEAD SCIENCES	US		3666,4	19,5	11000,0	10,0	19324,9	-15,2
50	AMGEN	US		3263,8	4,9	21500,0	3,4	20739,7	3,9
51	ELI LILLY	US		3214,1	-11,6	38680,0	-4,9	21446,0	7,4
52	BOEHRINGER SOHN	Germany		3164,0	2,8	50370,0	1,5	17498,0	-3,1
54	TAKEDA PHARMACEUTICAL	Japan		2902,3	13,2	49578,0	82,1	16526,5	18,5
62	BIOGEN IDEC	US		2268,3	15,2	7800,0	6,8	11749,3	9,6
64	MERCK DE	Germany		2225,0	4,2	51713,0	-2,2	14836,0	2,2
74	ABBOTT LABORATORIES	US		1998,3	6,0	103000,0	4,0	26705,7	11,6
75	ALLERGAN	Ireland		1976,7	9,9	16900,0	-5,1	13788,1	-1,0
80	NOVO NORDISK	Denmark		1817,6	-5,7	42672,0	1,4	14981,3	0,1
85	OTSUKA	Japan		1703,2	23,1	32935,0	0,4	10181,1	4,2
91	ASTELLAS PHARMA	Japan		1644,5	-5,5	16243,0	-2,3	10294,3	0,5
95	DAIICHI SANKYO	Japan		1605,3	-13,7	14887,0	3,1	7326,4	-3,2
124	VERTEX PHARMACEUTICALS	US		1229,0	36,6	2500,0	8,7	2661,7	22,5
136	UCB	Belgium		1126,0	14,9	7495,0	0,2	4412,0	5,5
145	TEVA PHARMACEUTICAL INDUSTRIES	Israel		1059,4	-34,4	42535,0	-17,9	16466,4	-15,8
151	INCYTE	US		1028,8	2,3	1367,0	13,2	1643,6	22,5
155	EISAI	Japan		1014,9	-1,7	10683,0	2,2	5065,7	7,1
201	SERVIER	France		748,0	-6,4	22032,0	2,0	4175,5	0,6
205	CSL	Australia		726,5	18,4	25000,0	12,5	7432,2	8,4
231	ALEXION PHARMACEUTICALS	US		637,8	-16,9	2656,0	5,2	3608,0	16,3
236	MYLAN	Netherlands		615,3	-9,1	35000,0	0,0	9985,9	-4,0
240	BIOMARIN PHARMACEUTICAL	US		608,1	14,0	2849,0	10,4	1302,4	13,5

258	ONO PHARMACEUTICAL	Japan		551,7	1,7	3555,0	2,2	2274,5	10,2
262	ILLUMINA	US		544,1	14,1	7300,0	17,7	2910,9	21,1
267	SHIONOGI	Japan		538,4	14,0	5233,0	2,2	2866,2	5,5
268	BEIGENE	China		534,2	129,6	2200,0	144,4	173,1	-16,8
286	SEATTLE GENETICS	US		493,7	23,8	1302,0	18,4	571,8	35,8

Tableau 3: pour le secteur de l'automobile/transport

Worl d rank	Company	Country	Industry	R&D 2018/19 (€million)	R&D one-year growth (%)	Employee s	Employee s one-year growth (%)	Net sales (€million)	Net sales one-year growth (%)
4	VOLKSWAGEN	Germany	Automobil es & Parts	13640,0	3,8	664500,0	3,5	235849,0	2,7
10	DAIMLER	Germany		9041,0	4,4	298683,0	3,2	167362,0	2,0
13	TOYOTA MOTOR	Japan		8264,7	-1,4	370870,0	0,5	238184,3	2,9
15	FORD MOTOR	US		7161,6	2,5	199000,0	-1,5	140033,1	2,3
16	BMW	Germany		6890,0	12,8	134682,0	3,7	97480,0	-0,8
18	GENERAL MOTORS	US		6812,2	6,8	173000,0	-3,9	128427,0	1,0
19	HONDA MOTOR	Japan		6580,1	12,2	219722,0	1,9	125205,4	3,4
20	ROBERT BOSCH	Germany		6189,0	4,3	409881,0	1,9	78465,0	0,5
35	NISSAN MOTOR	Japan		4122,4	5,5	138893,0	0,0	91207,3	-3,2
38	DENSO	Japan		3919,7	11,2	171992,0	1,9	42259,7	5,0
40	FIAT CHRYSLER AUTOMOBILES	Netherlands		3683,0	-14,0	198545,0	1,0	110412,0	-0,5
42	PEUGEOT (PSA)	France		3649,0	24,7	211013,0	22,0	74027,0	18,9
45	RENAULT	France		3516,0	18,9	183002,0	0,9	57419,0	-2,3
47	CONTINENTAL	Germany		3367,0	5,4	243226,0	3,3	44404,4	0,9

Annexe 2 : Questionnaire

Questionnaire destiné aux entreprises relevant du secteur de l'économie sociale
Dans le cadre de mes travaux de recherche dans le domaine de la technologie et du PLM, je mène une étude concernant le secteur artisanal au Maroc pour analyser la situation actuelle des entreprises afin d'en tirer des conclusions.
Merci de répondre à ce questionnaire et me le renvoyer par e-mail.
Nom de l'entreprise
La raison sociale
Secteur d'activité
Votre établissement :

- association
- mutuelle
- coopérative

Quels sont les problèmes que vous pouvez rencontrer dans votre entreprise ?

- des problèmes de gestion et de communication
- un gaspillage de la matière première et l'énergie
- des problèmes du transport et de la chaine logistique
- des problèmes au niveau du chiffrage

Avez-vous entendu de la gestion du cycle de vie du produit?

- oui
- non

Suivez-vous une démarche technologique de gestion du cycle de vie de votre produit?

- oui
- non

Pensez vous que l'intégration d'une démarche technologique dans la gestion du cycle de vie de votre produit aura:

- des bénéfices pour l'entreprise
- des dépenses additionnelles pour l'entreprise

Si vous en aviez la possibilité souhaiteriez-vous participer de manière plus importante aux démarches technologique dans la gestion du cycle de vie de votre produit :

- Oui
- Non

Vous estimez que L'intégration d'une démarche technologique de gestion du cycle de vie de votre produit pourra assurer

- Assurer une résolution des problèmes rencontrés au niveau de la conception
- Assurer la résolution des problèmes au niveau de la production
- Assurer une résolution des problèmes au niveau du transport et de la chaine logistique
- Assurer une résolution des problèmes rencontrés au niveau du chiffrage
- Assurer une résolution des problèmes rencontrés Au niveau de la collaboration

L’intégration d'une démarche technologique de gestion du cycle de vie de votre produit:

- frein : c’est dire il va bloquer l’activité de l’entreprise
- levier : c'est-à-dire il va améliorer le développement de l’entreprise

Le facteur externe qui peut vous pousser à intégrer la technologie dans votre entreprise :

- concurrence
- la communication entre l’entreprise et l’ensemble des parties prenantes
- réglementation
- optimisation de l'usage de la matière première

Le facteur interne qui peut vous pousser à intégrer la technologie :

- réduction des couts et délais
- image de l’entreprise
- bénéfices au niveau de la gestion et l’organisation du travail

L’intégration de la technologie au sein de votre entreprise pourra assurer :

- Performance financière de l’entreprise
- Réduction des couts
- Une amélioration de la qualité
- Une amélioration de l’image de l’entreprise
- Une optimisation de l'usage de la matière première

Merci pour votre collaboration

Aberkane Mohammed Saad
Tel : 0676326893

Annexe 3: Les entreprises interrogées avec leurs secteurs d'activités

Numéro	entreprise	secteur d'activité
1	Saada jild	Cuir
2	Coopérative Diamant Bleu	Bijouterie
3	Andalous	dinanderie
4	Cadeaux et artisanat du maroc	dinanderie
5	STE univers wood	Menuiserie
6	MAJDOUL JDADI	couture et broderie
7	kenzi kaftan	couture et broderie
8	Mediterraneen services	tissus traditionnels et tapisserie
9	almasnouat aljidiya	cuir
10	terrazat	couture et broderie
11	mealemine alfakhara	la poterie
12	bouananiya zellige	Zellige
13	wifaq menuiserie	menuiserie
14	dar al orssane	dinanderie
15	alkhazaf al fassi	poterie
16	zarabi dar assanaa	tissus traditionnels et tapisserie
17	micheaal zellige alfassi	zellige
18	diamond bleu	bijouterie
19	nour masnouat jildiya	cuir
20	tayssir zellige	zellige
21	mohammadia linijara	menuiserie
22	nissae dhar mahraz	couture et broderie
23	al fan badiie	dinanderie
24	l'émotion cuir maroquinnerie	cuir
25	alassala taklidiya alaalamiya almaghribia	cuir
26	alkhiraza al assila	cuir
27	alimae	cuir
28	alibar adahabia	cuir
29	zerine	cuir
30	alkhazaf al fani wzellige al fassi	la poterie
31	karama lintaj wa moualajat atteene	la poterie
32	saada li zellige takelidi	zellige
33	almaater lizellige taklidi	zellige
34	nass fes	zellige
35	almajd	zellige
36	mealemeeen deraza	tissus traditionnels et tapisserie
37	alikhelass linassij	tissus traditionnels et tapisserie
38	tissage artistique	tissus traditionnels et tapisserie
39	alazamiya lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
40	moubadarat al atlas linassij takelidi	tissus traditionnels et tapisserie
41	chabab lidiraza wa khiyata	tissus traditionnels et tapisserie
42	nahar jadid	tissus traditionnels et tapisserie

43	adwal linassij taklidi	tissus traditionnels et tapisserie
44	cooperative tinefela linassij	tissus traditionnels et tapisserie
45	cooperative zarbiat azaar	tissus traditionnels et tapisserie
46	cooperative teereguilt	tissus traditionnels et tapisserie
47	alahbab mekik	dinanderie
48	nour lilhidada wa talhim sefrou	dinanderie
49	ettaj	dinanderie
50	andalous lientaj fidiyat wa nouhasssiyat	dinanderie
51	zohor lilfidiyat	dinanderie
52	alamane lilkhiyata taklidiya	couture et broderie
53	nour albarak lilkhiyata taklidiya wa assriya	couture et broderie
54	nassr lilkhiyata taklidiya w assriya	couture et broderie
55	bichara lilkhiyata tarz wa randa	couture et broderie
56	nijarat kandar	menuiserie
57	adrar houlafae	produits vegetaux
58	rahma herbe	produits vegetaux
59	noor lilholiye wa almojawharat	bijouterie
60	nijara bayna	menuiserie
61	nass aadloun	menuiserie
62	amana linijara	menuiserie
63	alroaa alwardiya lilkhiyat attaklidiya	broderie et couture
64	nojoum al khamssa	menuiserie
65	gold loubana	bijouterie
66	association meallemeen debagha chouara	cuir
67	almeaalemine lebbata	cuir
68	arbab maamel debagha	cuir
69	sonnae alahdiya arrondissement al meriniyeene	cuir
70	mountejee al ahdiya	cuir
71	alassala limealemee alkhiraza fes	cuir
72	almahara lilahdiya taklidiya fes	cuir
73	alamal limealemee alahdiya fes medina	cuir
74	salam dar debegh ain zleiten	cuir
75	tadamoun lidebagha taklidiya guerniz fes	cuir
76	almeaalemeen alkharaza	cuir
77	ahl fes lilmeaalemeen alkharaza	cuir
78	association nour lilmasenouat jildiya	cuir
79	sidi mimoun lil fekhara	la poterie
80	salam lisonae al fikhara	la poterie
81	nahda fassia lilfakhar w tanmiya wa beea	la poterie
82	sounae al fikhara wa zellige de barnamaj tahadi alalfiya	la poterie
83	hiba lizelllige taklidi alfassi	zellige

84	roa litanmiyat zellige taklidi	zellige
85	fassiya lizellige wfakhar	poterie
86	tourath lizellige wfakhar	zellige
87	alkhair lilmealemeen zelayjiya	zellige
88	tadamoun liseghar herafiyi zellige wfakhar	poterie
89	al jayl saed lisinaat zellige w fakhar	zellige
90	mealemine deraza	tissus traditionnels et tapisserie
91	salam lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
92	mousaderee wa mountejee zarabi	tissus traditionnels et tapisserie
93	hassania likitae diraza fes	tissus traditionnels et tapisserie
94	nassij limealeme diraza	tissus traditionnels et tapisserie
95	alahd aljadid lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
96	alfassiya lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
97	alssahwa lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
98	association raha chams lidiraza	tissus traditionnels et tapisserie
99	assiciation assala lidiraza wa nassej sefrou	tissus traditionnels et tapisserie
100	association asdekae sonae taklidiyene linouhas	dinanderie
101	al aamal alejtimaie lil mecanique wa talheem	dinanderie
102	assiciation saiss lilhidada wmecanique alaam	dinanderie
103	idriss alakbar lisonae taklidiyeene lil mecanique wa talheem	dinanderie
104	association meriniyene li talheem wa mecanique	dinanderie
105	association salam litalheem	dinanderie
106	alkhiyata taklidiya	couture et broderie
107	alkhiyata wa alkhayateen	couture et broderie
108	alkhiyata taklidiya zouagha moulay yaacoub	couture et broderie
109	fonoun yadawiya lil kheyata taklidiya	couture et broderie
110	mereniyene li tarz wa khiyata taklidiya	couture et broderie
111	al ibar dahabiya arrondissement zouagha bensouda	couture et broderie
112	al ikhlass lil khiyata taklidiya fes	couture et broderie
113	ibdaat li fonoun al khiyata taklidiya	couture et broderie
114	al khiyata taklidiya wa tanmiya	couture et broderie
115	association senaa taklidiya lil asaala al fassiya	couture et broderie
116	al wafae li riayat wa tanmiyat sanie taklidi	couture et broderie
117	alkarama litanmiyat almaraa	couture et broderie
118	alassala linijara	menuiserie

119	**anijara alaama**	**menuiserie**
120	**mealemee nejara lil fan al fassi**	**menuiserie**
121	**rabitat sonae taklidiyene lifan nijarat al khachab**	**menuiserie**
122	**alquaraouiyine linijara**	**menuiserie**
123	**adam lifan nijara**	**menuiserie**
124	**najah linijara**	**menuiserie**
125	**hab almlouk nijara**	**menuiserie**
126	**alarz linijara**	**menuiserie**
127	**seyaghat houliye wmoujawharat**	**bijouterie**
128	**moustakbal seyaghat houliye**	**bijouterie**
129	**alhorra lissayarine**	**bijouterie**
130	**oum zakariae**	**les produits végétaux**
131	**wlad lkteeb**	**les produits végétaux**
132	**bahja lilmasnouat nabatiya wtazyine**	**les produits végétaux**

Annexe 4: Quelques combinaisons entre les formes primitives

