Intégration d'un système de Retour d'Expériences à un PLM

Aurélie Bertin

▶ **To cite this version:**

Aurélie Bertin. Intégration d'un système de Retour d'Expériences à un PLM. Autre. Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, 2012. Français. NNT : 2012INPT0137 . tel-04279358

HAL Id: tel-04279358

https://theses.hal.science/tel-04279358

Submitted on 10 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :
Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse)

Discipline ou spécialité :

Système Industriel

Présentée et soutenue par :
Aurélie BERTIN

le : vendredi 30 novembre 2012

Titre :

Intégration d'un système de Retour d'Expériences à un PLM

Ecole doctorale :
Systèmes (EDSYS)

Unité de recherche :
Laboratoire Génie Production (LGP) - Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes

Directeur(s) de Thèse :

Daniel NOYES

Rapporteurs :

Mr CAILLAUD Emmanuel
Mme STAL LE CARDINAL Julie

Membre(s) du jury :

Mme STAL LE CARDINAL Julie	Professeur Ecole Centrale Paris
Mr CAILLAUD Emmanuel	Professeur LGECO INSA Strasbourg
Mr BERNARD Alain	Professeur Ecole Centrale Nantes
Mr CLERMONT Philippe	Maître de Conférences LGP Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Mr NOYES Daniel	Professeur LGP Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
Mr SANCHEZ Patrick	Responsable Qualité site Saft Bordeaux

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE) en partenariat avec l'entreprise Saft Bordeaux et le Laboratoire Génie de Production de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes.

Avant même d'aborder la démonstration de mes travaux de thèse, je tiens à remercier tout particulièrement mon directeur de thèse M. Daniel Noyes pour son encadrement rigoureux et de qualité. C'est grâce à son expérience, ses grandes compétences et sa disponibilité que ces travaux ont pu aboutir. Merci pour l'investissement dont il a su me faire profiter et dont je lui suis extrêmement reconnaissante.

Je remercie très sincèrement M. Patrick Sanchez, Responsable Qualité du site de Bordeaux et M. Philippe Clermont, Maitre de conférences à l'Ecole Nationale d'Ingénieur de Tarbes pour la confiance qu'ils m'ont témoignée lorsqu'ils m'ont proposé ce travail de recherche au sein de la société Saft. Je leur suis reconnaissante d'avoir accompagné et suivi le projet d'intégration de Retour d'Expérience dans le PLM tout au long de ces trois années.

Merci Philippe pour la vision scientifique et pratique ainsi que pour l'encadrement réalisé qui m'ont guidé tout au long de ma thèse.

Patrick, merci pour l'expérience, la vision opérationnelle, la disponibilité et le management au quotidien qui m'ont permis de prendre du recul face aux réalités industrielles et de prendre plaisir dans le travail au quotidien.

Je remercie l'ensemble du jury de soutenance, Mme. Julie Stal Le Cardinal, M. Emmanuel Caillaud d'avoir accepté de rapporter sur ce mémoire, et M. Alain Bernard, d'avoir présidé le Jury. Leurs remarques et commentaires sont encourageants pour donner suite à ces travaux.

Merci à Mme Angélica Vatin, Responsable du Bureau d'Etude, qui a apporté une vision opérationnelle en participant aux réunions de réflexion. C'est toujours un plaisir de travailler à ses côtés, de se sentir écoutée et de partager les problématiques industrielles auxquelles nous sommes confrontés chez Saft.

Merci à Mme Zélie Lagouin qui a contribué à l'avancée de ces travaux, avec qui j'ai partagé pendant plus d'un an et demi le travail d'ingénieur application du PLM chez Saft. Les échanges et partages d'idées ont été très bénéfiques à l'évolution de ma réflexion et ils ont donné lieu à une réelle amitié.

Je remercie également l'ensemble de l'espace de travail STA / Qualité Saft, pour la bonne humeur journalière, l'ambiance de travail et leur disponibilité dans les groupes de travail. Merci Mira, Pierre, Xavier, Raphael, Ronan, Ludovic, et Sophie avec qui je partage de très bons moments.

Je remercie aussi mes amis et mes coéquipiers 33Tours qui m'ont apporté du soutien, mais surtout des moments de détente et d'évasion lorsque j'en avais besoin.

Enfin, mes derniers et plus forts remerciements vont à mes proches, Antoine et ma famille qui m'ont supporté et m'ont apporté confiance et encouragements tout au long de ces travaux.

ACRONYMES

BPMN : Business Process Modeling Notation

CAI : Change Administrator I / spécialiste des modifications 1

CAII : Change Administrator II / spécialiste des modifications 2

CAIII : Change Administrator III / spécialiste des modifications 3

CIB : Change Implementation Board / Comité d'implémentation des modifications

CN : Change Notice / notification des modifications

CR : Change Request / demande de modification entreprise

CRB : Change Review Board / comité de révision des modifications

DEV : base de développement PLM

GDM : Gestion des Modifications

GDT : Gestion des Données Techniques

KBS : Knowledge Base System

KM : Knowledge Management / gestion des connaissances

Li-Ion : Lithium Ion

NS : Norme Saft

Ni-Cd : Nickel Cadmium

Ni-Mh : Nickel Metal Hydrure

PGM : Processus de Gestion des Modifications

PLM : Product Lifecycle Management / gestion du cycle de vie du produit

PSM : Problem Solving Method / méthode de résolution de problème

PR : Problem Report / rapport de problème

PROD : Base de Production

RàPC : Raisonnement à Partir de Cas

REx : Retour d'Expérience

TEST : Base de Test

TRB : Technical Review Board / comité de revue technique

TABLE DES MATIERES

Acronymes ..... A
Table des matières C

Introduction générale 1
Chapitre I
1 Introduction 9
2 Expression du besoin SAFT 9
2.1 Un contexte industriel en forte mutation 9
2.2 de nouvelles approches de compétitivité 10
2.2.1 Innovation au cœur de la stratégie 10
2.2.2 Complexification des produits 11
2.2.3 Evolution de l'organisation interne 11
2.2.4 Structure et maitrise des données produit 11
2.2.5 Gestion efficiente du patrimoine informationnel 12
2.3 Le problème industriel 13
2.3.1 Définir les objectifs 13
2.3.2 Pérenniser l'expertise. 13
2.3.3 Favoriser les pratiques performantes. 14
2.3.4 Prévenir et limiter les erreurs. 14
3 Analyse détaillée du besoin 14
3.1 Sur les frontières du problème 14
3.1.1 Cycle de vie du produit et activités industrielles afférentes 14
3.1.2 Conception d'accumulateurs, de batteries et de systèmes 15
3.1.3 Production d'accumulateurs et de batteries 16
3.2 Sur les fonctionnalités requises 17
3.3 Sur l'environnement PLM 20
3.3.1 Système de Retour d'Expérience dédié Produit 20
3.3.2 Approche multi-acteur : vision globale Produit. 21
3.3.3 Cadre structurant et robuste de l'information. 22
4 Intérêt du problème pour la recherche 22
4.1 Cadre général 22
4.2 Les premiers enjeux 25
4.3 Les travaux dans le domaine 26
5 Pistes d'action 29
5.1 Démarche d'étude 29
5.2 Points d'appui 29
5.2.1 L'aspect humain 29

5.2.2 La modélisation 30
5.2.3 Les gisements de connaissance 31
5.2.4 La formalisation des connaissances 32
6 Conclusion 33
Chapitre II
1 Introduction 37
2 Le patrimoine immatériel de l'entreprise 37
2.1 Définitions 37
2.2 Les connaissances industrielles 40
2.2.1 La Mémoire Entreprise 40
2.2.2 La Gestion des Connaissances 42
2.2.3 L'ingénierie des connaissances 42
2.3 Le patrimoine immatériel de Saft 44
2.3.1 Le service WorldClass 45
2.3.2 La base Qualité 46
2.3.3 Le cas des Normes Saft 46
2.3.4 Le Service Technique 46
2.3.5 Le Service Informatique site 46
3 Le Retour d'expérience 47
3.1 Définitions 47
3.1.1 Retour d'expérience 47
3.1.2 Définition de l'expérience 48
3.1.3 L'expérience source de connaissance 50
3.1.4 L'événement déclencheur 50
3.2 Les groupes de Retour d'Expérience 51
3.3 Type de Retour d'Expérience 53
3.4 Constitution d'un processus Rex 54
3.4.1 La phase de capitalisation 55
3.4.2 Phase de traitement 57
3.4.3 Phase d'exploitation 58
3.4.4 Mise en œuvre du Retour d'Expérience 59
3.5 Le Retour d'Expérience Saft 59
3.5.1 Analyse de l'existant 60
3.5.2 Causes de blocage 61
3.5.3 Expression des besoins 63
4 Le Product Lifecycle Management 64
4.1 Le système PLM 64
4.1.1 Définition 64
4.1.2 Positionnement dans l'entreprise 65
4.2 Travaux scientifiques liés au PLM 65

4.2.1 Le support au déploiement d'un système PLM ... 65
4.2.2 L'intégration des processus *métier* dans le système PLM ... 66
4.2.3 La modélisation des connaissances ... 67
4.2.4 Conclusion ... 68
4.3 Fonctions essentielles ... 68
4.3.1 Les objets ... 69
4.3.2 Les emplacements de stockage ... 70
4.3.3 Le versionning ... 70
4.3.4 Le contrôle de processus ... 71
4.3.5 La gestion des droits d'accès et des rôles ... 71
4.3.6 Les fonctions de collaboration ... 72
4.3.7 Le référentiel et méta-référentiel entreprise ... 72
4.4 Le projet Saft ... 72
4.4.1 Problématique Saft ... 72
4.4.2 Stratégie mise en œuvre ... 73
4.4.3 Projet de déploiement ... 73
4.4.4 Discussion ... 78
5 Conclusion ... 79

Chapitre III

1 Introduction ... 83
2 Les méthodes de résolution de problèmes ... 84
2.1 Introduction aux PSM ... 84
2.2 Description du problème ... 89
2.3 Application PSM chez Saft ... 91
2.3.1 Résolution élémentaire ... 91
2.3.2 Résolution simple ... 91
2.3.3 Résolution complexe ... 92
2.3.4 Combinaison des méthodes ... 93
3 La fiche REx et son couplage au PLM ... 97
3.1 La fiche REx ... 97
3.2 Constitution d'une fiche dédiée aux expériences PSM de Saft ... 97
3.3 La prise en compte de la fiche REx/PSM dans le PLM ... 101
4 Démarche globale de couplage REx/PSM- PLM. ... 102
4.1 Le processus de gestion des modifications Saft ... 102
4.2 L'organisation PLM du PGM ... 105
4.2.1 Rapport de Problème : PR ... 105
4.2.2 Demande de modification : CR ... 107
4.2.3 Implémentation de la solution : CN ... 109
4.2.4 Activité de modification : CA ... 111
4.2.5 Vue générale du processus ... 112

4.3 Couplage 114
4.3.1 Principe 114
4.3.2 Aménagements 115
4.4 L'identification des activités spécifiques du Retour d'Expérience 120
4.4.1 La phase d'acquisition. 120
4.4.2 La phase de traitement 120
4.4.3 La phase d'exploitation 121
5 Exemple d'application 121
5.1 Situation initiale : une réclamation sur les durites de batterie 122
5.2 Recherche des causes et élaboration de solutions 124
5.3 Implémentation et réalisation de la solution 125
6 Conclusion 127
Chapitre IV
1 Introduction 131
2 Les Normes Saft Techniques, support de connaissances explicites 132
2.1 Description des NS Techniques 132
2.2 Migration des NS Techniques dans le PLM 134
2.2.1 Catégorisation des normes 134
2.2.2 Aménagements 136
3 L'évolution des NS Techniques dans le PLM 138
3.1 Articulation au PLM 138
3.1.1 Droits d'accès en fonction des expertises *métier* 138
3.1.2 Le Workflow de validation d'une NS 139
3.2 Articulation au PGM 141
3.2.1 Le PGM 141
3.2.2 Les responsabilités 142
3.2.3 La recette du processus 142
4 Expérience de création de connaissances explicites 144
4.1 Le système REx en entrée du processus d'évolution des Documents_Qualité 144
4.2 Le système REx dans le processus d'évolution des Documents_Qualité 147
4.2.1 Principes 147
5 Exemple d'application 149
5.1 Situation initiale : une demande de refonte de la NS Technique 149
5.2 Elaborer la solution 150
5.3 Implémenter et réaliser la solution 152
6 Conclusion 154
Conclusion générale 157
Bibliographie 165
Annexes 175

Introduction générale

Dans le contexte concurrentiel mondial actuel, les industries manufacturières mènent de nombreuses actions pour rester compétitives et conserver leur position de leader dans leur domaine d'excellence. L'amélioration continue des processus et de la performance des produits constitue un enjeu majeur pour les entreprises.

L'application des principes de l'amélioration continue conduit alors à l'engagement d'une collection de méthodes et d'outils généralement mis en œuvre pour maximiser les performances de productivité, de qualité des produits et de réduction des coûts.

Dans ce cadre, la prise en compte du Retour d'Expérience (REx) aux différents niveaux d'activités de l'entreprise constitue pour celle-ci l'un des moyens les plus sûrs d'accroitre la qualité de ses produits et ses performances.

Si le principe général du Retour d'Expérience dans l'entreprise est aisément admis par tous, la mise en œuvre et la conduite au quotidien d'un système de REx sont bien plus difficiles à assurer. En effet, malgré l'adhésion des acteurs aux principes d'application du REx, de nombreux freins apparaissent dans leur mise en œuvre, hypothéquant, souvent très fortement, la réussite de cette démarche.

Cependant, nombreuses sont les entreprises qui, soucieuses de valoriser ou, simplement, de préserver leur capital immatériel, ont adopté le REx dans leur plan d'amélioration continue.

Toujours dans cette réflexion sur l'amélioration continue des processus et de la performance des produits, une autre logique est le déploiement des solutions PLM (Product Lifecycle Management) afin de supporter les processus de développement pour :

- gérer l'ensemble des données relatives au produit,
- collaborer entre les différents services,
- structurer l'organisation du travail,
- formaliser les échanges,
- consolider les prises de décision…

Partant de ces constats, l'intégration des principes de Retour d'Expérience aux mécanismes de gestion du cycle de vie du produit constitue une approche prometteuse pour atteindre ces objectifs industriels.

Nous plaçons nos développements dans ce contexte d'amélioration continue *multi-approche* pour apporter des éléments de réponse à l'objectif global de notre partenaire industriel, l'entreprise Saft(*). Leader mondial dans la conception et la fabrication de systèmes de batteries complexes, Saft souhaite développer des solutions pour valoriser son patrimoine immatériel constitué des expériences et des connaissances détenues par les acteurs métier.

En effet, Saft accorde une grande importance à ce capital qui est un moyen de garder sa position de leader sur le marché. L'objectif est d'expliciter la connaissance *métier tacite* pour en valoriser l'exploitation lors de l'engagement de ses activités. C'est pour répondre à ces enjeux visant à développer la capacité d'apprentissage du système, à favoriser les bonnes pratiques et à éviter la reproduction d'erreurs passées que nous proposons une solution de Retour d'Expérience intégrée au PLM.

Nos travaux ont été menés dans le cadre d'une convention CIFRE en partenariat avec l'entreprise Saft Bordeaux. Notre participation a pris forme, en tant qu'ingénieure dédiée au projet : "ingénieure application PLM". Les actions relatives à l'intégration du PLM, réalisées dans le cadre de ce projet, sont mises en œuvre par l'équipe projet, laquelle était accompagnée, pour certaines tâches de conseils et pour tous les développements informatiques, par une équipe de consultants externes experts en déploiement de solutions PLM intégrées.

Notre proposition est d'exploiter les fonctionnalités de l'outil PLM et, surtout, le cadre structuré de son application pour développer et mettre en place un système de Retour d'Expérience qui réponde aux besoins de

pérennisation des connaissances. Nous nous intéressons au couplage d'un système REx-PLM pour proposer et formaliser une stratégie d'action appuyée sur les "lignes de force" du schéma PLM de l'entreprise.

Pour présenter nos développements, nous avons structuré ce mémoire de thèse en quatre chapitres.

Dans le chapitre I, nous présentons le contexte et la problématique de recherche. Nous exposons la demande industrielle ainsi que les motivations et les caractéristiques de l'environnement de l'entreprise Saft. Nous traduisons la problématique initiale par une analyse détaillée des besoins industriels exprimés par Saft. La complexité sous-jacente des travaux qu'impliquent sa résolution nous conduit à reformuler le problème initial pour ainsi proposer une étude d'ensemble du problème soumis. Nous présentons un premier état bibliographique concis en lien avec nos travaux nous permettant d'argumenter sur les éléments d'intérêt scientifique directement identifiables. Le bilan de ces premiers éléments nous permet de proposer une démonstration de résolution possible et de présenter la démarche globale d'étude avec laquelle nous rapportons cette démonstration tout au long du mémoire.

Le chapitre II est consacré un état de l'art des systèmes constitutifs de notre proposition de solution. Nous avons choisi de présenter les éléments d'appuis bibliographiques sur les principes de la gestion des connaissances, sur le Retour d'Expérience et sur les systèmes PLM pour comprendre et connaître les principes et fonctionnalités clés de ces démarches. L'étude bibliographique sur la gestion des connaissances nous permet d'en appréhender les enjeux et de fixer les règles de fonctionnement et les écueils d'un système REx efficient. Nous établissons en parallèle un état des lieux circonstancié sur les éléments existants chez Saft, avec une analyse des facteurs moteur et frein. La bibliographie PLM met en exergue divers mécanismes qui seront exploités pour concrétiser le couplage entre le REx et le PLM. Ce chapitre nous permet d'appuyer scientifiquement la mise en œuvre de notre démonstration de solutions pour gérer les savoirs et il montre à la fois l'originalité et la pertinence de nos travaux en réponse aux besoins et aux enjeux pour notre partenaire industriel.

Les chapitres III et IV sont consacrés à la démonstration de la solution.

Dans le troisième chapitre, nous présentons nos propositions de contribution pour implémenter la combinaison des méthodes de REx-PLM afin d'effectuer de manière efficace la valorisation du patrimoine immatériel. Prenant pour cible le traitement d'évènements négatifs, nous nous intéressons plus particulièrement à la connaissance implicite engagée par les acteurs dans la résolution de problèmes et à la valorisation des expériences créées lors de ce traitement. Suite à un rapide état de l'art sur les méthodes actuelles de résolution de problèmes liés au produit, nous proposons une démarche comportant trois niveaux de complexité dédiée aux problèmes élémentaires, simples et complexes. Après avoir présenté l'articulation de ces niveaux, nous décrivons leur instanciation dans le PLM, à l'aide de workflows spécifiques, comme celui de la gestion des modifications (PGM), et montrons comment exploiter les fonctionnalités du PLM pour réaliser un Retour d'Expérience efficient. L'intérêt de notre solution est de permettre une capitalisation non intrusive et continue des informations caractérisant une expérience (la résolution d'un problème) et de les synthétiser sous forme de fiches REx dédiées. Ce troisième chapitre met l'accent sur les mécanismes mis en œuvre dans l'outil PLM pour instancier notre solution REx et illustre ces développements par la présentation d'un cas concret réalisé dans l'entreprise.

Le quatrième chapitre est consacré à l'extension de notre démarche à la création de connaissances *métier explicites* directement exploitables dans les processus de développement produit. La particularité de Saft est d'avoir mis en place depuis plusieurs années maintenant, un support spécifique pour formaliser et exprimer les connaissances *métier* : les Normes Saft (NS) Techniques. Ces documents, riches en savoirs et savoir-faire *métier*, ont été intégrés à la base de données commune du PLM et, de ce fait, sont gérés comme des objets classiques du PLM. Nous proposons donc d'exploiter ces supports de connaissances et les workflows d'évolution du PLM pour instancier le processus de traitement du Retour d'Expérience. Ce processus de traitement vise à transformer une ou plusieurs expériences en une connaissance *métier*. Nous présentons alors les mécanismes de notre solution et leur intégration dans les processus associés du PLM. Pour illustrer la mise en œuvre de cette solution REx–PLM, nous reprenons le cas du chapitre III et montrons, comment à partir des résultats de la

résolution de problèmes disponibles dans la fiche REx, nous pouvons créer une connaissance *métier*. Ce dernier chapitre permet d'illustrer la finalité de nos travaux : capitaliser le patrimoine immatériel de l'entreprise partenaire à partir des expériences *métier*.

Soulignons que nous avons tenu à garder dans les développements présentés dans ces deux derniers chapitres un niveau de définition générique pour permettre une généralisation de la solution facilitant son déploiement à d'autres entreprises.

Nous terminons le mémoire par une conclusion générale dans laquelle nous rapportons les faits saillants des développements que nous avons exposés et les principaux résultats auxquels ils ont abouti.
Nous présentons enfin les pistes de recherche à suivre pour approfondir et prolonger ces résultats

Chapitre I - Présentation de la problématique

1 INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de présenter la problématique de recherche en partant du besoin industriel initial et en montrant la complexité sous-jacente des travaux qui seront exposés. Cette complexité, induite pour partie par les spécificités du cadre d'application, est directement liée à la diversité des concepts impliqués dans la construction de la solution et à l'ancrage profond de chacun des mécanismes internes de l'entreprise.

Le chapitre est organisé en quatre paragraphes principaux.

Nous exposons dans le premier paragraphe la demande industrielle. Nous ne développons pas le cadre global dans lequel s'inscrit cette demande, directement influencée par l'internationalisation des marchés et une compétitivité accrue à tous les niveaux. Nous présentons seulement les motivations de Saft, la formulation du problème initial et insistons sur les conséquences du contexte d'étude envers les développements visés.

Nous proposons ensuite une étude d'ensemble du problème soumis ; celle-ci permettra de détailler le besoin, de brosser les contours du champ d'étude et de délimiter le domaine d'investigations.

Dans le paragraphe suivant, nous exposons les différents points d'intérêt scientifique directement identifiables du problème tel qu'il est posé et dans les développements qu'il peut induire. Nous dressons un premier état bibliographique concis nous permettant d'argumenter sur ces éléments d'intérêt.

Nous présentons dans le dernier paragraphe les principales pistes d'action et la trame générale de la démarche que nous avons suivie. Nous soulignons aussi quelques traits particuliers du cadre d'étude que nous retrouverons dans les développements.

2 EXPRESSION DU BESOIN SAFT

Le groupe Saft est un spécialiste mondial des batteries multi-technologie. Avec un effectif global d'environ 4100 salariés, Saft est présent dans 19 pays. La société conçoit et développe des batteries de haute technologie et positionne la majeure partie de son activité sur les marchés industriels du transport, du secours / sécurité et sur les marchés spéciaux diversifiés du spatial à la défense. Le site de Bordeaux fait partie de la division IBG (Industrial Battery Group).

Cette division IBG est spécialisée dans la conception et la fabrication des batteries et de systèmes de batteries principalement pour les secteurs du transport (ferroviaire, aéronautique et véhicule électrique), les applications stationnaires (télécommunications, infrastructures industrielles, sécurité professionnelle), les énergies renouvelables et pour d'autres secteurs diversifiés.

Tous ces secteurs industriels sont concernés par des exigences de compétitivité qui se répercutent naturellement sur l'entreprise. Plusieurs faits majeurs influencent donc les activités de la société. Nous en exposons les éléments ci-après.

2.1 UN CONTEXTE INDUSTRIEL EN FORTE MUTATION

Le contexte d'évolution des entreprises a fortement évolué ces trente dernières années, tant par la transformation du marché industriel, liée en partie à la mondialisation, que par l'évolution des techniques et technologies dont disposent les entreprises.

Sur le seul plan des exigences client, tous les domaines sont marqués par un renforcement notoire de celles-ci qui portent sur le terrain des prestataires de multiples contraintes complexifiant le cadre de réalisation de leurs activités.

Citons certains points marquants pour le groupe Saft.
D'abord, la pratique intensive du "*sourcing*" (réduction du coût général des achats en externalisant les processus) engendre de nouveaux modes de fonctionnement entre partenaires différents et distants. Elle repositionne la tenue des délais et l'engagement qualité au plus près de la fiabilité technique du produit. Pour pouvoir les maîtriser, les relations avec les fournisseurs (ici, le groupe Saft) se fondent sur l'établissement de spécifications au plus juste, le déploiement d'actions d'assurance qualité chez le fournisseur et l'instauration d'engagements de confiance.

Ensuite, il y a peu de temps encore, les entreprises acceptaient d'adapter à leurs besoins le produit livré en prenant à leur charge un minimum de transformation ou de montage, ce qui permettait au fournisseur d'appréhender facilement le besoin du client. Aujourd'hui, pour ne pas s'encombrer de tâches "MUDA" (sans valeur ajoutée) [Pathak 2012], les entreprises tendent à se procurer des produits utilisables "clés en main" où la qualité et les services ne sont plus négociables.

Enfin, les référentiels normatifs applicables aux marchés des transports et des industries "de pointe" sont de plus en plus précis et exigeants. Afin d'obtenir des entreprises une maîtrise parfaite des risques et de leurs performances pour assurer le "zéro défaut", les normes spécifiques aux domaines du transport, du secours (IRIS, EN 9100 ...) et les standards génériques (ISO 9001…) en vigueur sont de plus en plus restrictifs. Ils impliquent une parfaite transparence et une rigueur sans faille dans la gestion de la qualité des processus et le suivi des produits.

Sur un autre plan, de par la progression rapide et continue des technologies de l'information, le contrôle des flux informationnels est devenu complexe d'autant plus que les entreprises sont souvent vulnérables envers la dispersion non contrôlée des informations. L'effet de fuite est de plus en plus difficile à maitriser et son contrôle constitue un nouveau challenge pour les entreprises qui ont misé sur l'avance technologique et l'innovation. En effet, de par la rapidité de diffusion de l'information, la protection du patrimoine est complexe. Les entreprises font le constat que les copies de leurs produits et/ou activités arrivent sur le marché de plus en plus vite (par les concurrents). Sans protection industrielle, l'innovation doit être sécurisée par l'entreprise le plus longtemps possible et le contrôle ainsi que l'accès à l'information nécessitent d'être maîtrisés.

Soulignons encore que toutes ces mutations s'opèrent dans un contexte concurrentiel mondial, forçant continûment les industries à entreprendre des actions de progrès pour rester compétitives et essayer de conserver leur statut de leader dans leur domaine d'excellence. L'amélioration continue de la performance des produits et des processus constitue donc un enjeu majeur.
Une réactivité continue des sociétés est indispensable pour conserver leur place sur les marchés et perpétuer leur croissance. Si, pour chacune, la tendance générale est de recentrer ses activités sur son cœur de métier, les directions basent très souvent leur stratégie sur la gestion du patrimoine immatériel. Aujourd'hui, la différenciation entre entreprises ne se fait plus sur les moyens de production mais sur l'utilisation des nouvelles spécificités des technologies de l'information et de la communication.

Dans ce domaine, la gestion des connaissances est primordiale ; elle contribue à l'amélioration des performances globales des systèmes industriels en structurant le patrimoine informationnel acquis par les acteurs de l'entreprise [Eynard & al 2004]. D'une certaine manière, elle constitue le fond de développement de nos travaux de recherche.

2.2 DE NOUVELLES APPROCHES DE COMPETITIVITE

Dans son créneau, Saft est l'un des rares acteurs du marché à concevoir, développer et fabriquer ses produits dans ses propres centres de R&D et sites de production. Parmi les nombreux choix stratégiques déployés par la direction, Saft a engagé des actions dans un programme d'amélioration de ses produits et processus associés. Plusieurs traits prédominent.

2.2.1 Innovation au cœur de la stratégie

L'innovation technologique est le moyen efficace de garder son avance.
Pour maintenir son leadership et se différencier de ses concurrents, le groupe Saft investit en recherche et développement. Le groupe cherche à améliorer les solutions existantes et les performances de ses produits. Les axes d'évolution portent sur les batteries lithium-ion, véritables système de batteries dédiées au stockage d'énergie pour les marchés des énergies renouvelables. La recherche est axée sur l'évolution des batteries qui constitueront les prochaines générations pour augmenter puissance et énergie et optimiser la durée de vie en utilisation. Cette évolution des produits tend vers une complexification technique et technologique qui multiplie l'expertise *métier* nécessaire.

2.2.2 Complexification des produits

Pour répondre à l'évolution de ses marchés, Saft a changé sa stratégie de produits. Initialement, l'entreprise livrait des éléments de batterie seuls ; à partir des années 2000, elle a commencé à les intégrer dans des châssis et tend actuellement vers des structures spécifiques clients.

Dans son centre de Bordeaux, l'Unité de Développement des Systèmes conçoit et qualifie des systèmes de batteries facilement intégrables dans les applications clients. Ces systèmes complexes comportent des éléments hydrauliques, de l'électronique embarquée, des groupes de climatisation, des chargeurs, des éléments de base ; ils sont, de plus, capables de communiquer avec les systèmes de gestion des applications. Ces systèmes sont livrés au client "clés en main" accompagnés d'un rapport retraçant tout le cycle de développement et de fabrication (acteurs du projet, fournisseurs, certificats de conformité, procès-verbal des tests, instructions de maintenance….). Pour les systèmes de batteries de haute complexité, un rapport peut regrouper jusqu'à plus de 300 documents provenant de plusieurs services de Saft.

Le développement de ces produits a introduit à Saft de nouveaux métiers impliquant la maîtrise de domaines d'expertise jusqu'alors non pris en charge. Cela induit la gestion de nouvelles sources d'informations et de nouveaux types d'échanges pour lesquels il est fondamental d'assurer une communication claire entre les parties prenantes.

2.2.3 Evolution de l'organisation interne

A l'échelle interne, l'entreprise multinationale est confrontée à des problèmes de maîtrise des distances entre ses propres filiales ; c'est le cas pour Saft.

L'organisation en filiales spécialisées sur un "cœur de métier" permet d'améliorer la performance. Cependant, les échanges impliquent des efforts de standardisation et de communication/collaboration (centralisée) tant pour les biens (l'approvisionnement autonome (en interne)) que pour les services (délocalisation du développement, du support…). Dans ce cadre, les sociétés actent pour améliorer leur organisation dans un effort de standardisation.

Dans une logique globale d'amélioration continue, les changements d'organisation commencent généralement par la définition et l'optimisation des processus à valeur ajoutée ainsi que par la redéfinition des autorités et des responsabilités clés intervenant au cours de ces activités. Aussi, selon ses besoins et les ressources dont elle dispose, une compagnie porte d'abord ses efforts sur l'amélioration des tâches à valeur ajoutée.

Chez Saft Bordeaux, le choix s'est porté vers le pilotage par processus transverses aux métiers permettant de consolider le système de management à tous les niveaux. Ce mode de fonctionnement répond à la volonté d'adopter des modes de travail collaboratif et communicatif tout au long du cycle de vie des produits industriels.
La transversalité des processus permet de décloisonner les activités et les échanges pour assurer une interaction fonctionnelle des compétences entre les services où les acteurs sont responsabilisés à tous les niveaux de la chaîne de développement. L'organisation transversale engendre une augmentation de la collaboration entre services et métiers techniques, aussi marquée par l'arrivée des outils de gestion de l'information nécessaires suite à l'explosion de l'information numérique.

2.2.4 Structure et maitrise des données produit

La maitrise du cycle de vie du produit est primordiale car le produit est le cœur de l'entreprise. L'optimisation des activités intervenant dans les processus favorise l'obtention de produits conformes et robustes qui satisfont le client.
Dans ce contexte, Saft doit s'adapter aux évolutions qu'elle a entreprises concernant, notamment, l'évolution de ses produits et la revitalisation de son organisation par pilotage de processus transverses. Saft doit considérer ses approches d'amélioration en tenant compte de l'augmentation de la diversité des métiers et de leur positionnement par rapport aux nouveaux corps d'expertise.
Pour assurer une collaboration efficiente au cours des développements, il est nécessaire de mieux gérer les données et la communication. De même, pour maîtriser la coordination des activités du cycle de vie du produit qui sont devenues de plus en plus complexes, il faut constamment s'assurer que :

. le processus de réalisation est respecté tant au niveau du déroulement des activités que de la responsabilité et du rôle des acteurs,

. la configuration complète (documentaire et CAO) est gérée et tracée pour tous les produits développés,

. les moyens de communication employés sont appropriés, sécurisés et contrôlés par une gestion des accès (en lecture ou en modification),

. la gestion des informations est générée et maîtrisée : elle permet une visibilité globale sur l'ensemble des données dont la cohérence est forte et assurée entre toutes les données : CAO, documents bureautiques...,

. les informations communiquées sont partageables (homogènes et cohérentes) et "sécurisables".

Pour atteindre ces objectifs, Saft a engagé plusieurs programmes d'amélioration dont un, principal, qui concerne l'implantation d'un système PLM (Product Lifecycle Management) en vue :

. d'augmenter la rigueur dans la définition et l'application des processus de réalisation,

. d'améliorer la traçabilité et la gestion de configuration des produits.

Le principe du PLM consiste à gérer et orchestrer l'ensemble des informations décrivant le produit industriel tout au long de son cycle de vie. Dans les meilleures pratiques d'emploi de l'outil PLM, notamment lorsqu'il est implanté selon des processus de l'activité *métier* définis, il permet :

. de formaliser la communication et la collaboration,

. de lier les produits, les moyens et les techniques,

pour garantir l'unicité et le partage contrôlé des informations actualisées entre les différentes entités œuvrant dans le cycle de vie du produit.

Saft a choisi de se concentrer dans un premier temps sur les données de définition du produit gérées par les outils informatiques du Bureau d'Etudes. L'objectif sera d'étendre ce périmètre PLM à toutes les données relatives au produit sur tout son cycle de développement (depuis la conception jusqu'au recyclage).

2.2.5 Gestion efficiente du patrimoine informationnel

Le patrimoine informationnel est constitué des données générées au fur et à mesure des processus par les différents services de l'entreprise. Ces connaissances industrielles peuvent être définies comme l'ensemble des savoirs et savoir-faire de conception et/ou d'exploitation relatifs aux étapes du cycle de vie d'objets et de systèmes physiques au service de la stratégie d'entreprise [Eynard & al 2003]. Elles sont finalisées par le produit et sont construites essentiellement à partir de l'activité.
Cet ensemble de savoirs et de savoir-faire constitue le patrimoine immatériel de l'entreprise et représente sa mémoire collective qu'il est primordial de valoriser et de maitriser.

Les informations enregistrées sont souvent hétéroclites, éparses et, dans le meilleur des cas, gérées par des outils spécifiques. La gestion de l'information et de la communication spécialisée à un domaine ou un service ne répond donc plus aux besoins actuels de collaboration interne des entreprises. Pour progresser, ces dernières doivent structurer, gérer et valoriser leur patrimoine informationnel développé par les acteurs de l'entreprise.

Cependant, la gestion et le partage des données pertinentes sont insuffisants pour maîtriser le capital de connaissances.
Il est important pour l'entreprise de pérenniser les expériences et les connaissances qu'elle a acquises au cours des activités antérieures pour créer un capital de connaissances. Celui-ci représente l'identité de l'entreprise et sous-tend une part importante de sa compétitivité. La gestion de ce patrimoine est essentielle pour valoriser les connaissances et en bénéficier tout au long des activités à valeur ajoutée. En effet, s'enrichir des expériences passées permet d'affronter les problématiques ainsi que les exigences qui se dressent en continu et d'une façon de plus en plus marquée. Dans ce domaine, l'ingénierie industrielle intègre la discipline "Gestion des Connaissances", apparue pour répondre principalement aux problèmes de "perte de mémoire, de choix, d'expertise ou de pratiques techniques" [Barthelme-Trapp & al 2001] [Cram 1990]. Cette discipline s'applique aujourd'hui aux problématiques industrielles ; elle est reconnue comme un enjeu majeur pour le futur [Ermine 2008].

Depuis plusieurs années, l'amélioration continue constitue un aspect important de la série des normes ISO 9000-2000. Ces normes prônent l'augmentation de la satisfaction du client par l'application de démarches d'amélioration continue et incrémentale des produits, des services et des processus. Une part des recommandations prodiguées par ces documents de référence concerne l'amélioration des processus, via la capitalisation et la réutilisation des connaissances.

La démarche PLM entreprise par Saft est issue, pour partie, de cette volonté d'amélioration et d'unification de l'information produit tout au long de son cycle de vie. Cette stratégie d'entreprise concerne la nécessité de gérer et de partager les données techniques, les intervenants et le système au cours du développement complet du produit (de sa conception au service après-vente et recyclage). Elle est orientée produit et supportée informatiquement par des systèmes d'information du même nom.

2.3 LE PROBLEME INDUSTRIEL

2.3.1 Définir les objectifs

Saft souhaite valoriser son patrimoine immatériel dans l'objectif final d'améliorer sa performance à tous les niveaux d'actions de l'entreprise. Ce capital immatériel, essentiellement constitué par les informations et connaissances détenues par les acteurs de l'entreprise, représente un actif dont seule une part est identifiée, l'autre, souvent importante, étant intangible.

Saft désire capter la connaissance qu'elle génère et la gérer, avec ses évolutions, pour en valoriser la réutilisation et l'exploitation lors de l'engagement de ses activités *métier* ; elle vise ainsi à développer sa capacité d'apprentissage, à favoriser les bonnes pratiques et à éviter la reproduction d'erreurs.

De plus, ce développement doit être mené dans le cadre du système PLM en cours de déploiement dans l'entreprise.

Le projet de recherche porte sur **la définition et la mise en œuvre dans un PLM d'un processus de Retour d'Expérience dédié aux produits et aux processus**.

L'objectif est d'implémenter dans l'outil informatique PLM des processus permettant, d'une part, de capitaliser de manière non intrusive, les informations clés relatives aux événements survenus lors du développement et de l'exploitation des systèmes de batteries et, d'autre part, de faciliter l'intégration de ces informations dans les phases de développement des futurs systèmes de batteries afin d'améliorer la performance des produits et la structuration des processus de réalisation.
L'efficacité et l'appropriation de cet outil collectif par les acteurs du développement représentent un enjeu crucial.

Plusieurs attentes sous-tendent cet objectif.

2.3.2 Pérenniser l'expertise.

La pérennisation de l'expertise des individus implique de disposer, de façon durable, des savoirs et savoir-faire techniques et opérationnels des experts métier. Il ne suffit pas de collecter les informations éparses concernant les activités et les données de l'entreprise pour disposer d'un patrimoine informationnel utile, composé d'informations consolidées facilement exploitables.
Pour que l'expertise des différents acteurs persiste dans l'entreprise, plusieurs autres points doivent être assurés.
D'abord, il est essentiel de pouvoir garder en mémoire les choix, les expertises et les pratiques techniques. Il faut conserver les savoirs et les compétences détenues par les différents acteurs, en décorrélant l'information de son interprétation sans en perdre, néanmoins, le contexte et le sens.

L'information enregistrée doit rester à jour et pertinente.

La capacité de transmission de l'information, par consultation ou apprentissage, est essentielle. Son utilisation permet à l'acteur de tirer des enseignements des cas passés pour améliorer la réalisation de ses activités. Dans ce sens, le développement de l'apprentissage permet de pallier la "perte de mémoire" souvent induite par le "turn over" ou "l'oubli

dans le temps". L'application opérationnelle de cet apprentissage permet à l'acteur d'être critique pour l'inciter à proposer des voies de perfectionnement de l'information.

Au final, l'objectif est de disposer d'un référentiel fiable où les informations sont pertinentes, persistantes et faciles d'accès pour un partage optimal des savoirs et des savoir-faire.

2.3.3 Favoriser les pratiques performantes.

Une volonté de Saft est de promouvoir les pratiques performantes pour fiabiliser les activités, les processus et les produits dans l'objectif d'amélioration de la qualité et d'accroissement de ses réussites.

Pour cela, il faut d'abord savoir identifier et capter les pratiques performantes. La caractérisation des expériences doit permettre de déterminer les bonnes pratiques et d'identifier les axes de performance dédiés. Cela doit être fait au niveau des données et à celui des processus et induire des effets sur les plans comportementaux (réalisation d'activités et/ou de tâches particulières) et, en amont même, qualitatifs (qualification technique, niveau d'expertise…).

Dans un second temps, la bonne pratique doit être promue et utilisée. Elle doit être mise à disposition des utilisateurs,

. soit automatiquement, dans l'application de règles, de procédures ou l'emploi de formalismes définis,

. soit dans une démarche volontaire de l'acteur,

mais, toujours, dans une forme facile à assimiler et à exploiter.

2.3.4 Prévenir et limiter les erreurs.

Dans un cadre préventif, l'identification des risques et la limitation de répétition d'erreurs forment une voie d'amélioration significative qui permet d'anticiper les dérives et de préparer la correction des éléments négatifs. Il s'agit d'intervenir de façon préventive et d'optimiser les traitements correctifs si certains subsistent.

La caractérisation des risques permet de prévenir au plus tôt les dysfonctionnements et d'analyser l'impact d'anomalies potentielles. L'entreprise a besoin de pouvoir se rappeler des expériences passées pour s'adapter et réagir au mieux aux évènements qui surviennent, par l'enseignement tiré de cas similaires ou proches passés.

Au-delà de l'évitement des risques, il est important de préparer la gestion de leur occurrence qui permettra de restaurer rapidement le fonctionnement nominal en limitant au mieux les "déchets" (ou MUDA). Il est essentiel de disposer de plans d'actions correctives performants et adaptés aux dysfonctionnements et anomalies rencontrés.

3 ANALYSE DETAILLEE DU BESOIN

Nous analysons dans ce paragraphe certains points importants de la définition du problème afin de mieux cerner ses contours et l'espace de solution.

3.1 SUR LES FRONTIERES DU PROBLEME

Pour notre étude, le périmètre d'application est l'environnement technique de développement du produit.

3.1.1 Cycle de vie du produit et activités industrielles afférentes

Le cycle de vie du produit représente l'ensemble des phases permettant de réaliser celui-ci. Comme rappelé sur le schéma de la figure I.1, le cycle de vie des produits Saft comprend l'ensemble des activités, depuis l'émission de l'idée jusqu'à la maintenance, incluant même le recyclage.

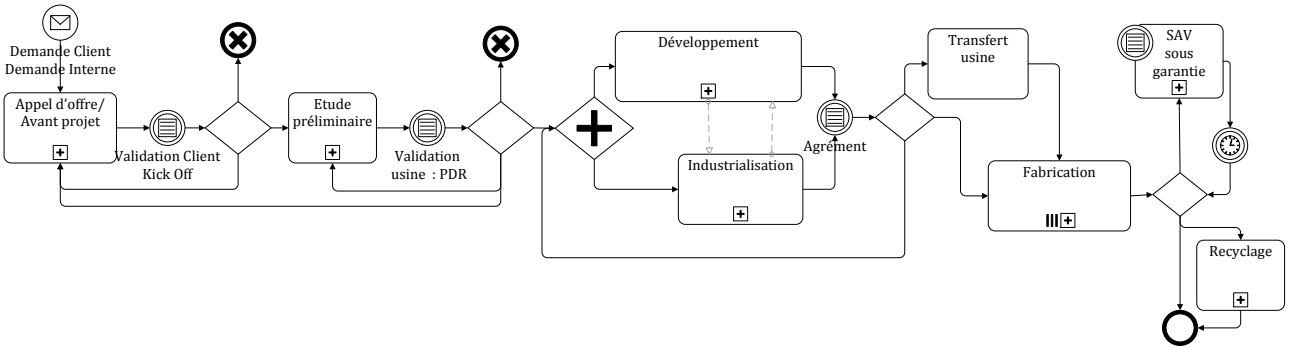


Figure I.1 - Cycle de vie du *produit*

Ainsi, le cycle de vie rassemble les activités intervenant sur les données du produit. C'est une corrélation d'actions pilotées par des décisions d'acteurs, permettant de manipuler les informations de création et de gestion des données techniques descriptives du produit.

La réussite et la performance du produit influencent directement la satisfaction du client, élément majeur à la croissance de l'entreprise. Pour s'assurer de répondre au mieux aux exigences client, une des stratégies clés est le perfectionnement des activités qui influencent de près ou de loin la performance du produit.

Nous reprenons ci-après deux activités importantes de ce cycle : l'activité de "*Développement*" impliquant une part très conséquente des savoirs et savoir-faire de Saft qui nous intéressent dans notre travail mais que, bien évidemment, nous ne pourrons détailler ici, et l'activité de "*Production*" qui permettra d'illustrer la complexité des processus engagés.

Soulignons que notre travail sera centré sur la phase de développement du produit, pour laquelle nous visons l'obtention d'un produit performant qui répond aux exigences client et, ce, dans des délais maitrisés, en limitant les actions de reprise et en justifiant les choix techniques et stratégiques faits pour réaliser le produit.

3.1.2 Conception d'accumulateurs, de batteries et de systèmes

L'accumulateur est l'élément de base des batteries. Carrefour technique des domaines de l'électrochimie, de l'électrique et de la mécanique, il délivre la source d'énergie et de puissance nécessaire que fournit la batterie.

Trois principales technologies d'accumulateurs sont actuellement développées et fabriquées sur le site de Bordeaux. Il s'agit des technologies nickel-cadmium (Ni-Cd), nickel-Métal-hydrure (Ni-Mh) et lithium-ion (Li-Ion).

La conception d'accumulateurs et/ou de batteries est un processus complexe puisque l'ensemble des composants sont corrélés pour répondre au Cahier des Charges du Client. Pour chaque demande spécifique client (hors commande de batterie sur "catalogue"), le dimensionnement est une étude préliminaire. Ce dimensionnement transmis aux équipes projet, permet de définir une solution technique répondant aux exigences client. Il comprend les informations suivantes :

. puissance et/ou énergie requise : proposition de la gamme d'accumulateur, du nombre d'éléments nécessaires et du schéma de montage de ces accumulateurs,

. encombrement, montage et conditions d'utilisation : exigences client à respecter.

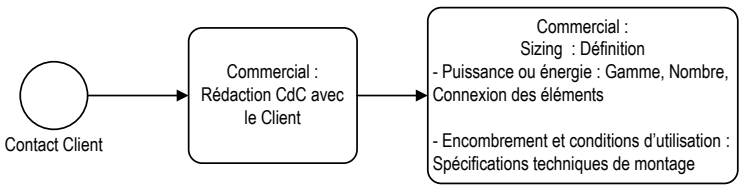


Figure I.2 - Lancement de projet de conception

Le chef de projet établit, en fonction des gammes de produit Saft, le type de projet de conception à mettre en œuvre. Il existe différents niveaux de conception, cumulables au sein d'un même projet :

. conception ou développement d'un nouvel accumulateur (création de nouvelle gamme ou évolution d'une gamme existante),

. conception d'une batterie intégrée en coffre équipé ou en bac,

. conception d'une batterie complexe impliquant la gestion de composants spécifiques (électronique, électrotechnique...) dédiés à la gestion autonome de la batterie.

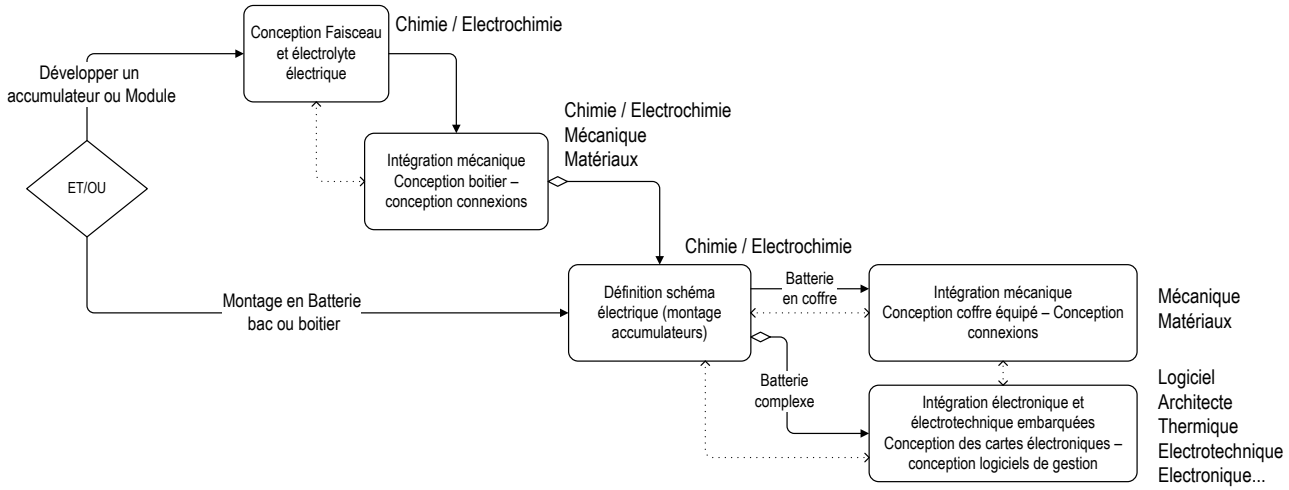


Figure I.3 - Etapes et métiers de conception d'un accumulateur et d'une batterie

Le processus de conception est basé sur le principe du *"design to cost"* (conception au coût optimum) qui valorise l'utilisation et l'adaptation des produits et composants existants pour la conception de nouveaux produits finis.

Néanmoins, les aspects technologiques et la diversité des métiers impliqués dans un produit complexifient le processus.

L'accumulateur est le cœur de *métier* de Saft. Sa conception repose sur un empilement d'électrodes **<+>**, de séparateurs et d'électrodes **<->**) dans un électrolyte.

Les performances en énergie, puissance et durée de vie de l'accumulateur sont étroitement liées au choix et à la mise en œuvre des matières constitutives des composants. Le faisceau d'électrodes ainsi constitué est inséré dans un boitier cylindrique ou parallélépipédique en plastique ou métallique pour répondre aux exigences client, aux spécificités des applications ainsi qu'aux normes en vigueur.

La batterie est un assemblage électrique, en série ou en parallèle d'accumulateurs. Cet assemblage est connecté et intégré à un coffre ou à un bac spécifique, conçu par la mécanique et les matériaux en relation étroite avec l'électrochimie. Ce coffre est utilisable "clés en main" et doit répondre aux contraintes environnementales et dimensionnelles d'utilisation.

Les systèmes complexes intègrent des composants qui permettent la gestion de la batterie à partir de paramètres physiques comme la température, la tension, le courant pour optimiser les performances électriques, la disponibilité et la durée de vie du système... Ces logiciels embarqués sont développés par les services techniques en parallèle des choix de composants spécifiques auxquels ils seront connectés. Ces conceptions permettent de contrôler l'environnement interne confiné pour garantir un fonctionnement autonome de la batterie.

Les différents *métiers* travaillent en coordination car leurs contraintes sont fortement corrélées et interdépendantes. Le fonctionnement matriciel (résultant du choix d'organisation par processus (figure I.1)), géré par un responsable projet, est primordial pour garantir une homogénéité dans la conception.

3.1.3 Production d'accumulateurs et de batteries

Ces dernières années, les efforts de la société ont principalement porté sur les batteries lithium-ion. C'est pourquoi nous décrivons brièvement ci-dessous les principes d'obtention d'un accumulateur de cette technologie (figure I.4).

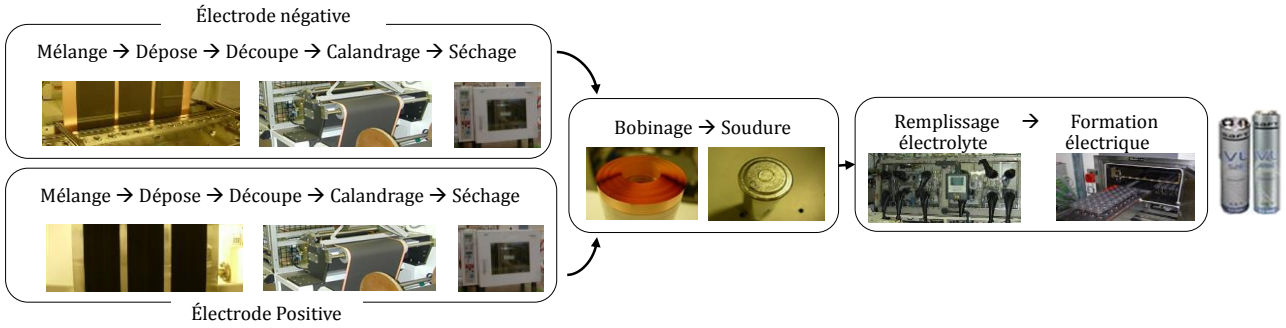


Figure I.4 - Principales phases d'obtention des accumulateurs Li-Ion

L'étape de mélange consiste à fabriquer les encres, légère couche de matière active (positive, négative, élément d'énergie élément de puissance) selon des "recettes" bien gardées pour Saft. Ce mélange est enduit, suivant une épaisseur contrôlée, sur les deux faces d'une bande d'aluminium ou de cuivre appelée "feuillard". La bande est séchée puis transformée en électrodes adaptées au format d'élément à fabriquer par calandrage[1] et refendage[2].

A l'issue de ces étapes, les électrodes sont étuvées dans une salle sèche pour fabriquer le bobinot (cœur de l'élément). Ces bobinots sont assemblés avec les connexions, le godet et le couvercle par soudure laser puis remplis avec une solution d'électrolyte.

La dernière étape du processus est la formation électrique qui permet d'activer les matières actives de l'élément Li-Ion. Cet élément ainsi fonctionnel est prêt à être monté en batteries.

Le principe du montage en module, en batterie ou en système de batteries est représenté sur le schéma de la figure I.5.

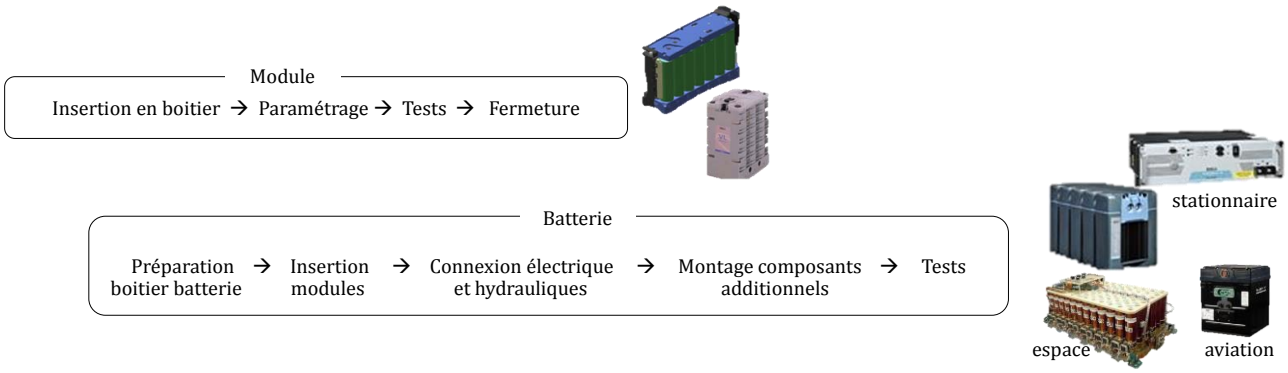


Figure I.5 - Principales phases de production de modules et de batteries Li-Ion

L'assemblage des éléments Li-Ion en modules ou en batteries consiste à connecter les accumulateurs (en parallèle, en série..) par des busbars[3] et à les intégrer dans un boitier de batterie. Les composants mécaniques, thermiques et logiciels sont assemblés suivant les process de fabrication puis paramétrés selon les spécifications client. La dernière étape de fabrication consiste à valider le montage par une série de tests de fonctionnement.

3.2 SUR LES FONCTIONNALITES REQUISES

La solution attendue doit proposer des fonctionnalités permettant d'intervenir sur les données techniques du produit et sur les processus qui les manipulent pour valoriser le patrimoine informationnel et permettre à Saft d'asseoir une dynamique d'apprentissage issue de l'expérience accumulée des acteurs.

L'analyse des besoins de Saft permet de résumer les attentes du groupe sur un même diagramme heuristique développé par rapport à deux axes que sont l'innovation et la pérennisation des connaissances (figure I.6).

[1] Opération de calandrage consiste à contraindre la bande ou l'électrode pour obtenir des valeurs d'épaisseur et de porosité.
[2] Opération de refendage consiste à découper la bande suivant les largeurs définies pour chaque produit.
[3] Busbar : circuit imprimé pour la gestion électronique de l'élément.

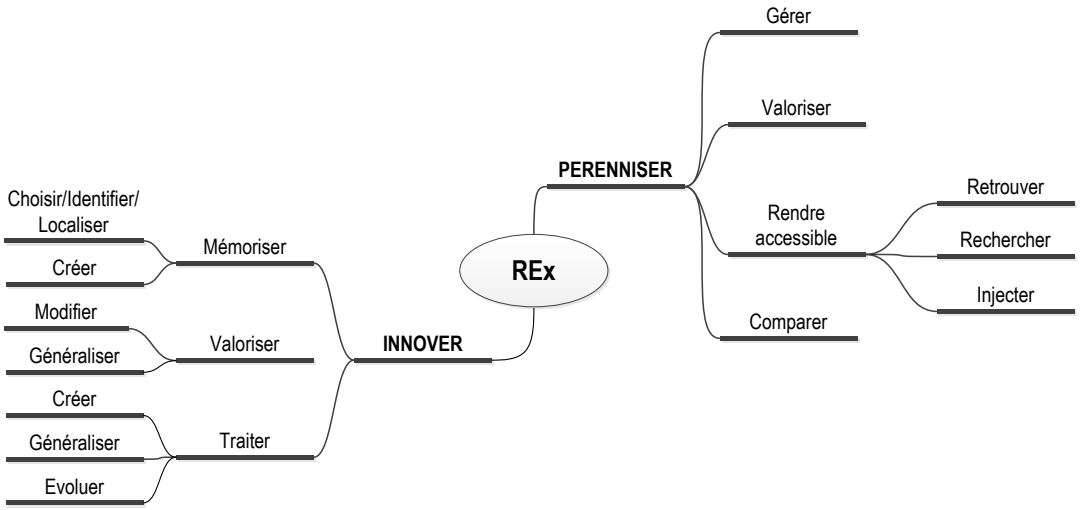


Figure I.6 - Expression des besoins

Nous insistons ci-après sur certaines fonctionnalités rapportées sur le schéma de la figure I.6.

L'innovation des connaissances correspond aux actions de création et de mise à disposition de nouvelles connaissances plus performantes pour améliorer leur utilisation par les acteurs. Cette fonctionnalité regroupe les activités clés de mémorisation, de valorisation et de traitement.

Mémoriser

Pour mémoriser la connaissance, il est nécessaire de capter l'information cible. Cette fonctionnalité, anodine dans le principe, est en réalité complexe car elle doit permettre de mettre en valeur les informations clés pour les enregistrer sans s'encombrer de données sans valeur ajoutée.

La mémorisation doit convenir à tous les utilisateurs du système afin que, trouvant un intérêt direct à la démarche, ils y adhèrent sans difficulté. A cet effet, il est essentiel qu'ils partagent un même référentiel *linguistique* pour laisser une place infime à l'interprétation et permettre à tous d'accéder au même niveau d'information pour une donnée considérée.

La mémorisation implique une création de valeur, celle-ci est généralement une donnée qui peut être enregistrée sous différents formats informatiques : texte, modèle, vidéo…, ne devant pas induire de problème de gestion, le format de la donnée doit être pris en compte dans l'expression des besoins.

Valoriser

Lorsque l'information est sauvegardée, il est nécessaire de la valoriser. Deux voies sont suivies :

. la valorisation de la donnée elle-même, pour améliorer sa définition et son exactitude, son indépendance par rapport à une interprétation quelconque. Le message transmis par la donnée doit cibler une information claire, facilement assimilable par les utilisateurs,

. la valorisation de la donnée par l'exploitation de son environnement. La donnée seule a une valeur directe mais son interprétation par rapport à son contexte permet d'en dégager une signification (la valorisation de la donnée passe par la mise en valeur de son cadre d'emploi, physique et dans le temps).

La corrélation à d'autres données valorisées, évènements ou activités dont elle est issue ou qu'elle alimente et la compréhension de ces relations étendront la valorisation à une connaissance.

Traiter

La valorisation des données doit permettre de traiter l'information pour la consolider et créer de nouvelles informations basées sur le traitement de celles analysées et maintenues. Sur cette base construite par la mémorisation et la valorisation, l'extraction d'informations est possible, permettant de disposer d'éléments structurés et réfléchis établis sur des données robustes du travail courant.

Ce traitement permettra de consolider la base en générant de nouvelles informations et en comblant certains manques occasionnés par une mémorisation pas assez ciblée ou non généralisée.

Le traitement est associé à la généralisation de règles d'application ou de création d'information à fort potentiel.

La seconde fonctionnalité de base attendue est de rendre pérennes les informations manipulées et gérées dans l'outil. Disposer d'informations pertinentes est insuffisant pour maintenir une mémoire d'entreprise consolidée. La gestion de leur persistance est primordiale.

Plusieurs activités sont requises.

Gérer efficacement l'information

La gestion de l'information est une fonctionnalité clé permettant de garder une base saine (cohérence, non redondance, structure, sécurité) et à jour. Elle permettra de disposer d'informations actualisées et rangées, pour lesquelles les accès sont contrôlés. Dans une forme automatisée ou manuelle, le système doit fournir les moyens de garantir une gestion ordonnée des informations qu'il contient, éliminant les données obsolètes et non fiables.

Rendre accessible

L'accessibilité des informations doit être un trait principal de la base. C'est par sa facilité d'emploi que le système acquiert sa performance et la reconnaissance de son utilité. L'exploitation des informations doit être intuitive. L'utilisateur doit être en mesure d'obtenir l'information qui correspond à son besoin à travers une activité de recherche ou de sélection d'informations détenues par le système. Il faut pouvoir :

. retrouver une information recherchée, i.e. l'utilisateur sait quelle est l'information qu'il recherche,

. renvoyer des informations correspondantes à des critères de recherche liées au besoin, i.e. l'utilisateur ne connaît pas la totalité des informations et consulte la base pour disposer de tous les éléments qui pourraient lui être profitables dans sa démarche.

Il est primordial de disposer d'un outil de recherche performant et accessible à tous les acteurs sans ambiguïté de sens sur les critères de recherche. Cependant, l'accès aux données doit rester contrôlé selon des droits d'accès pour l'utilisateur.

Une autre façon d'accéder à l'information est de disposer d'un système qui propose automatiquement cette information à l'utilisateur sans requête de la part de ce dernier (*mode push*). Via des mécanismes de similarité, le système présente des informations de la base que l'utilisateur peut consulter et utiliser, si celles-ci lui semblent pertinentes et nécessaires.

Comparer

Il peut exister des caractéristiques retrouvées de manière identique dans différentes expériences. Exploiter ces analogies peut enrichir les informations de chacune.

Dans le cas d'emploi du Raisonnement à Partir de Cas (RàPC), la comparaison est une des premières phases de la démarche. L'expérience décrite peut s'avérer proche d'un comportement, d'un domaine ou de toute autre caractéristique d'une expérience passée ; les rapprochements permettent :

. de résoudre plus facilement l'expérience en cours,

. d'enrichir la base de connaissance en affinant les expériences similaires à l'expérience en cours ou en créant de nouveaux cas, novateurs ou à la frontière de plusieurs expériences.

La richesse de la comparaison est de trouver d'autres points de similarité suivant des critères définis, au-delà de ceux initialement perçus.

3.3 SUR L'ENVIRONNEMENT PLM

Nous aborderons plus en détail les principes du PLM dans le chapitre II mais nous pouvons déjà esquisser quelques traits sur la juxtaposition des concepts PLM et REx

3.3.1 Système de Retour d'Expérience dédié Produit

Nous avons déjà mentionné que l'amélioration continue constitue un volet important de la série des normes ISO 9000-2000. Ces normes prônent l'augmentation de la satisfaction du client à l'aide d'améliorations continues et incrémentales des produits, des services et des processus.

Dans ce contexte, la capacité à ne pas reproduire les erreurs commises par le passé et à favoriser les meilleures pratiques devient un facteur clé de performance. La mise en place d'un processus de Retour d'Expérience vise une solution pratique permettant d'atteindre ces objectifs. Le Retour d'Expérience peut être *positif* (obtention de résultats satisfaisants), c'est-à-dire orienté vers la promotion de bonnes pratiques basées sur des résultats passés ou *négatifs* (détection de non-conformités), c'est-à-dire orienté vers la non répétition d'erreurs déjà survenues. Le principe du processus de REx est d'extraire, lors de la réalisation des processus *métier*, les informations clés et de mémoriser :

. le contexte d'apparition des événements,

. l'ensemble des solutions mises en œuvre suite à l'occurrence de l'événement,

. la connaissance pouvant être générée de cette expérience,

. la réinjection de ces informations dans les processus *métier* pour robustifier la prise de décision.

La finalité du REx est :

. l'amélioration de la performance des produits conçus et fabriqués impliquant :

  . la maîtrise de la qualité du produit,

  . l'assurance de la fiabilité technique et temporelle,

  . la réduction des coûts et l'optimisation des choix de matières,

. l'optimisation des processus induisant :

  . la réduction des délais par la diminution des tâches sans valeur ajoutée,

  . la réduction des coûts des activités de développement,

  . la diminution des erreurs,

  . la standardisation des activités pour promouvoir les bonnes pratiques.

Ainsi, le REx apparaît comme une réponse efficace pour enrichir et maintenir la mémoire ou la connaissance de l'entreprise. En plein essor dans les entreprises et ce, quel que soit leur secteur d'activités ou leur nombre d'employés, il n'est pas surprenant que le REx mobilise l'intérêt de Saft dans ses préoccupations de performance dans le développement des nouveaux systèmes de batteries.

Par adaptation aux outils et méthodes existants, l'application du REx aux besoins exprimés par Saft se traduira par les différents mécanismes (figure 1.7) :

. de capitalisation, dans une forme non intrusive, des expériences. Les informations générées dans un cycle de développement étant très nombreuses et variées, il est nécessaire de restreindre la capitalisation aux informations utiles et pertinentes et, ce, sans augmenter de façon marquée la charge de travail des acteurs,

. de définition de processus d'analyse permettant d'établir des connaissances à partir des informations consignées,

. d'exploitation des informations consignées dans la base de données. Les modes de diffusion de type "*Push*" ou "*Pull*" que nous reprendrons dans le chapitre II permettent de favoriser et/ou de forcer leur utilisation dans le cycle de développement,

. de mise en œuvre d'outils de recherche par similarité basés sur les Raisonnements à Partir de Cas (RàPC) afin d'identifier des expériences proches à celle des activités en cours,

. de formalisation des connaissances et de structuration des données selon des modes spécifiés permettant de décrire les événements et de simplifier leur exploitation future, par des comités d'experts pour la production de règles et de standards.

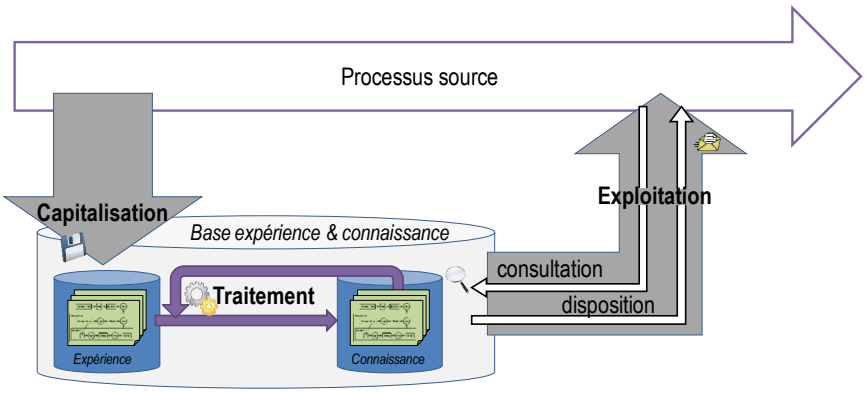


Figure I.7 - Principes génériques du Retour d'Expérience

Le résultat attendu est la définition d'un processus de Retour d'Expérience en adéquation avec la problématique Saft.

Pour être performant, ce système REx est tenu d'être applicable aux différents services techniques et managériaux impliqués dans le développement industriel des produits. Le processus engendré doit induire une démarche générique adoptée par tous les acteurs.

Il est primordial que l'appropriation du système par les acteurs soit assurée. Présents aux deux extrémités du processus au titre de "fournisseurs" de la connaissance, d'une part, et de "consommateurs" de la connaissance, d'autre part, leur adhésion est indispensable.
Il sera important pour une bonne gestion du changement induit par le système REx de tenir compte de ce facteur humain de manière prioritaire. Si les utilisateurs potentiels du système n'adhèrent pas au projet, le système sera délaissé et sans valeur aucune.

3.3.2 Approche multi-acteur : vision globale Produit.

De par son périmètre d'application, le PLM représente un outil transverse aux différents métiers qui interviennent dans les phases du cycle de vie du produit. Le PLM associe une communauté d'acteurs multi-métiers, pilotes et opérationnels qui interviennent dans la description numérique du produit, via de multiples types de données. Les métiers représentés par le panel d'utilisateurs sont principalement des spécialités techniques et de support.

L'outil PLM sera imposé aux équipes opérationnelles en tant qu'unique base dynamique de données techniques permettant de gérer les données produit. L'adaptation des modes de travail et/ou l'appropriation de nouvelles habitudes concerneront l'ensemble des collaborateurs du PLM, depuis le dessinateur de CAO jusqu'au responsable de produit.

Les données créées dans le PLM proviennent des experts métier propres aux techniques engagées dans la conception et la fabrication des batteries, intégrant les informations issues des phénomènes et activités de travail des métiers de la chimie, de la mécanique, de l'électronique, du génie logiciel... Bien sûr, les métiers support tels que la qualité et la certification sont également concernés car ils interviennent dans les processus de validation des données.

L'approche PLM permet donc de disposer d'une vue globale produit par le recensement et la consolidation de l'ensemble des données consignées par les spécialistes métier.

L'intérêt du PLM réside dans la mise à disposition et le partage, selon un langage et formalisme commun, d'une définition unique des processus et des données. Il est judicieux de rendre applicable des standards de gestion de l'information pour assurer un partage de l'information cohérent et des règles maitrisées par tous.
Cependant, les données manipulées et les processus engagés doivent répondre au mieux aux contraintes de travail, aux exigences métier et aux problématiques spécifiques imposées à chaque spécialité. Aussi, la description la plus

complète des informations selon sa propre spécialité écartera les risques d'interprétation et les difficultés d'adoption. Une conséquence sera "d'optimiser" les descripteurs portés par les données et les processus afin d'intégrer l'ensemble des éléments permettant de les décrire et les employer.

Le modèle de données dont on dispose par l'emploi du PLM offre un cadre structurant sur lequel on peut se baser pour formaliser les règles et créer des connaissances pour rester dans un standard d'utilisation correspondant aux méthodes de travail des utilisateurs. Ceci peut constituer une aide à la formalisation dans le cadre du REx. De plus, cela devrait permettre d'homogénéiser la capture de l'information et de structurer son archivage.

Enfin, le système tient compte de l'aspect *métier* de chaque profession incluse dans l'application, le tout en promouvant un modèle unique partageable pour les différentes spécialités. Ainsi, il offre une vision standard répondant aux besoins des différents métiers utilisateurs de l'application.

3.3.3 Cadre structurant et robuste de l'information.

L'environnement informatique du PLM, comme outil global, doit être structuré et maintenu par une équipe d'administrateurs informatiques et métiers dédiés. Ceci garantit la pérennité des paramétrages et le respect des principes édictés dans l'expression des besoins Saft.

Le PLM génère et gère les informations pour tous les métiers techniques du site. Aussi, la structure de rangement et de gestion des données suit un modèle ordonné, décrit par le référentiel, qui permet d'homogénéiser les règles employées. Les utilisateurs sont référencés, ordonnés et gérés, suivant le concept de rôles métier, selon les droits d'accès et les responsabilités qui leur sont associés. La bonne conduite du référentiel est assurée par l'utilisation du méta-référentiel qui décrit le formalisme des données à respecter et par l'automatisation des processus qui automatise l'engagement des activités selon les modèles de gestion des données.

Au final, le développement dans un contexte PLM du système REx peut constituer une opportunité par la "mise à disposition" de diverses fonctionnalités propres au PLM et susceptibles d'être adaptables au système REx pour limiter l'augmentation de charge de travail des utilisateurs du REx.

Sans préjuger des développements qui seront menés, nous pouvons déjà souligner que :

. l'approche processus et la connaissance des éléments présents dans le PLM peut aider à percevoir et à reconnaître les flux informationnels pour repérer les éléments pertinents et utiles, à valeur ajoutée qu'il faudrait valoriser en bonnes pratiques et éléments clés,

. l'emploi des "règles" PLM et des modèles de données offre :

- des modes de gestion et de déclaration existants à customiser, sans repenser entièrement le système,
- une intégration facile à l'application PLM pour employer et utiliser comme source les données uniques issues des activités,
- l'assurance de robustesse des processus développés et des modèles de données conçus car ils respectent les principes PLM qui ont déjà fait leurs preuves,

. les modèles d'évolution automatique des données (gestion des versions, règles de vérification d'unicité…) permettent d'automatiser certaines tâches des processus intervenant dans le cycle de vie du produit,

. les fonctionnalités informatiques d'aide à la saisie et d'automatisation des flux d'activités (workflow...) devraient pouvoir être pleinement exploitées pour construire le système REx et bénéficier de leur puissance dans l'application de la solution.

4 INTERET DU PROBLEME POUR LA RECHERCHE

4.1 CADRE GENERAL

Tel qu'il a été posé au §II-3-1, le problème à traiter s'affiche comme le développement d'un système REx, permettant de valoriser le patrimoine immatériel de l'entreprise impliqué dans la réalisation des produits, ce développement devant s'inscrire dans le cadre du schéma PLM que l'entreprise est en train de déployer.

Le problème est simplement illustré par le schéma de la figure I.8.

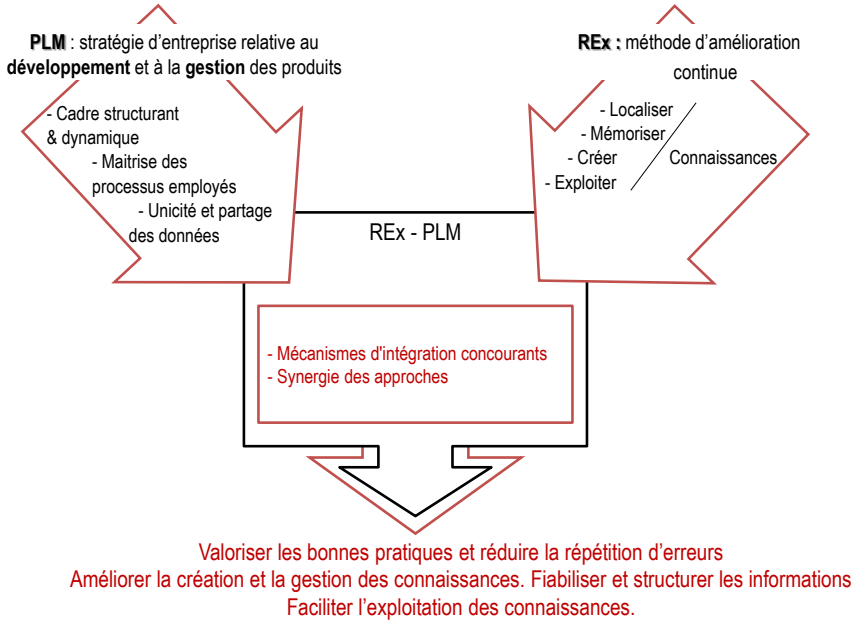


Figure I.8 - Le problème initial

Nous voulons immédiatement souligner un point, en relation avec l'application des "mécanismes d'intégration concourants" et la mise en "synergie des approches" tels qu'indiqués dans ce schéma à l'intersection des systèmes PLM et REx.

Si le principe général du Retour d'Expérience dans l'entreprise est aisément admis par tous, la mise en œuvre et la conduite au quotidien d'un système REx sont bien plus difficiles à assurer. En effet, malgré l'adhésion des acteurs aux principes d'application du REx, de nombreux freins apparaissent dans leur mise en œuvre, hypothéquant, souvent très fortement, la réussite de cette démarche. De nombreux travaux ont considéré ce problème.

Dans [Mbayes 2009], l'auteur s'intéresse aux processus sociocognitifs, culturels et aux conditions liées à l'organisation du travail susceptibles de favoriser une plus grande appropriation des pratiques de REx par les acteurs. L'étude, orientée vers l'amélioration de la sécurité industrielle, indique que les principaux freins au REx, pris ici dans son application à des événements négatifs, proviennent :

1) d'une forte réticence des acteurs à renseigner les situations d'incident/accident par réaction défensive,

2) de la méconnaissance ou du déni des risques et, surtout, de celui de solutions possibles applicables,

3) de la structuration lourde et, souvent, trop administrative du processus de collecte et de traitement.

L'auteur ajoute encore que, souvent dans ces contextes industriels, le REx est essentiellement prescriptif, c'est-à-dire que la démarche n'intègre pas les ouvriers. Leur rôle consiste à suivre les directives des cadres. En outre, l'organisation des pratiques de REX n'y prévoit pas d'espace de dialogue entre les cadres et les ouvriers.

Il en est de même dans [Gaillard 2008] où l'auteur, toujours dans le domaine de la sécurité industrielle, présente une synthèse bibliographique de travaux académiques sur les facteurs de succès et d'échec au REx industriel, illustrant les freins à la réussite mais aussi les bonnes pratiques recensées dans la littérature. On y retrouve le frein induit par la menace d'une logique disciplinaire immédiate, conséquence d'une imputation d'erreurs, voire de fautes, individuelles et/ou collectives. Il existe aussi la crainte d'un déni de compétence qui peut toucher l'identité professionnelle de l'individu autant que celle du collectif de travail.

Des pistes d'actions en découlent comme :

1) le découplage évident entre la démarche REx et tout système de sanction, l'anonymat ou, tout au moins, un niveau de confidentialité facilitant cette décorrélation,

2) l'application de REx hors cadre de crise, portant sur l'exploitation d'événements non critiques,

3) l'application de REx essentiellement techniques qui simplifient les relations entre les acteurs.

D'autres freins découlent de la relation coût / bénéfice que chaque acteur mis en jeu dégage de son implication. Celle-ci accentue la charge de travail : il faut identifier les situations, collecter les données, les formaliser, les analyser... Si les bénéfices n'apparaissent pas clairement, la mobilisation des acteurs s'atténue très rapidement alors même que, très souvent, le retour sur investissement du processus REx ne peut être immédiat.

Dans des contextes généraux, d'autres arguments sont également développés. Les difficultés de mise en œuvre sont principalement liées au manque de temps, au manque d'engagement des acteurs, à la sensation de perte de pouvoir et de temps, à la réticence au changement… Chaque acteur développe ses propres habitudes de travail et présente fréquemment un manque de formation et une certaine réticence au changement et à la rédaction.

Une analyse plus complète des difficultés de déploiement d'un système REx est disponible dans [Sounier 2000]. Dans le chapitre II, nous apporterons d'autres éléments, propres au cas Saft, sur les raisons d'échec de projets REx antérieurs.

En prolongement de ces commentaires, un autre point important, souligné dans le besoin exprimé par Saft, est l'attente du caractère non intrusif du système REx.

La mise en œuvre de l'application REx ne doit pas modifier les habitudes de travail et surcharger l'acteur. Celui-ci ne doit pas percevoir le REx comme une contrainte mais, au contraire, comme une opportunité d'amélioration et d'aide méthodologique.

L'application des "*mécanismes d'intégration concourants*" et la mise en "*synergie des approches REx/PLM*" tels qu'indiqués dans le schéma de la figure I.8 devraient, apparemment, concourir à simplifier ces problèmes.

En effet, les démarches REx et PLM visent, toutes deux, l'amélioration du travail via celle des données et de la connaissance gérées par l'entreprise. Elles présentent des similarités et on peut envisager une synergie puissante et robuste orientée vers la gestion et la valorisation de l'information.

Déjà, nous pourrons prendre en support la base PLM de l'entreprise, renseignée par des processus entreprise définis et standards, applicables pour tous et contenant les données techniques dédiées au développement des produits.

Le PLM offre un cadre où les processus sont définis et décrits. Ces processus sont en partie automatisés via un workflow (traduction informatique d'un processus automatisé) où les flux d'activités sont informatisés interconnectant de façon programmée les acteurs aux activités identifiés concernées. La démarche s'appuie sur différentes fonctionnalités telles que :

. la gestion du cycle de vie du produit,

. la garantie de l'unicité des données, le "versioning" et le partage contrôlé des informations,

. le support des processus liés aux activités métier,

. le formalisme des modes de communication et de collaboration,

. la liaison entre les produits, les moyens et les techniques…

Tous ces points semblent profitables pour orienter une démarche de REx.

L'adossement du REx au PLM offre un autre avantage.

La mise en place du PLM est une stratégie d'entreprise décidée par la direction. Il s'agit d'une démarche forcée qui implique presque toujours des modifications dans les habitudes de travail puisqu'elle est supportée par l'utilisation d'un nouvel outil qui vise à se substituer à certaines méthodes de travail en place.

Il semble avantageux de profiter de la dynamique provoquée par l'emploi "obligatoire" de l'outil PLM pour intégrer le système de Retour d'Expérience et déjouer ainsi l'attitude réservée des acteurs face aux nouvelles démarches de fonctionnement du REx [Bertin & al 2010].

L'adoption du REx sera moins contraignante si elle est supportée par un outil utilisé dans les activités de travail. L'adossement au PLM permettra ainsi de contourner les principaux écueils de :

. manque de disponibilité,

. sentiment de perte de temps,

. réticence au changement,

. réticence à la rédaction,

ou, tout au moins, de les faire apparaître dans des formes moins sévères. Par exemple, suivant les principes d'engagement du PLM, l'emploi de documents "type" est imposé et les acteurs doivent obligatoirement partager leur connaissance et rédiger des comptes-rendus d'activité en respectant la trame définie et le vocable dédié.

Une contrepartie possible est que, de par le cumul des effets combinés de l'adoption du PLM et du REx, la réticence au changement soit plus forte ; il faudra renforcer alors les actions d'information et de formation mais, là encore, le couplage doit être bénéfique.

4.2 LES PREMIERS ENJEUX

Si la contrainte d'adossement au cadre PLM du système REx paraît être, au premier abord, une proposition logique, plusieurs questions doivent être abordées.

D'abord, le système d'exploitation PLM constitue-t-il une réelle opportunité fonctionnelle pour faciliter et optimiser la réalisation des mécanismes de Retour d'Expérience ? L'emploi du PLM offre un panel d'outils et de matériels structurants qui favorisent l'engagement des processus et des données sous-tendues. Cependant, la "synchronisation" des formalismes PLM et REx permettra-t-elle de fluidifier et de bonifier la démarche REx et les automatismes définis de faciliter l'appropriation par l'emploi des différents concepts du REx pour les utilisateurs ?

Ensuite, l'application du REx aux processus permet d'améliorer la performance de ces derniers en valorisant l'adoption de bonnes pratiques applicables aux activités et en apportant des éléments d'aide aux prises de décision. Cette amélioration est-elle envisageable au niveau même des processus PLM qui formeront le cadre de réalisation du REx ?

L'implantation du REx dans le PLM permettra-t-elle une amélioration de la performance de ce dernier, permettant, par exemple, d'intégrer au PLM les processus de création de connaissances de l'entreprise ?

De même, considérés séparément, REx et PLM interviennent chacun de manière marquée sur la gestion du patrimoine informationnel de l'entreprise. Qu'en sera-t-il lors de leur engagement combiné ? Quels niveaux de performance peut-on escompter ? Comment cette performance elle-même peut être évaluée ?

Enfin, les différents concepts du REx et du PLM visent, directement et par effets induits, l'amélioration de qualité du produit et de sa production. Là encore, quels peuvent être les effets cumulés ?

Nous arrêtons là ce premier lot de questions mais nous pressentons déjà, par la formulation même de ces interrogations, que "l'association" REx – PLM constitue un important socle d'intérêts potentiels.

Au-delà de l'importance des réponses à apporter, d'autres points d'intérêt accompagnent le fond de ce travail.

D'abord, la finalité de couplage performant entre les systèmes REx et PLM correspond à deux objectifs : i) la valorisation individuelle de chaque système, via les apports de valeur issus de cette association, ii) la création d'un système unitaire vigoureux basé sur la mise en commun des fonctionnalités spécifiques de chaque système.

Cet ancrage des systèmes est intéressant sur le plan conceptuel, par le principe de création d'un nouveau système, basé sur la customisation d'une démarche par le maniement d'éléments (outils et démarches) identifiés, devant fonctionner ensemble, mais aussi sur le plan technique, par l'analyse de faisabilité et de technicité pour le développement de solutions envisageables.

La convergence des approches vise à proposer une solution homogène et "fluide". La difficulté est de promouvoir les fonctionnalités utiles sans induire de contraintes, techniques ou sociologiques, susceptibles d'altérer le fonctionnement de la solution.

L'ancrage des méthodes nous oriente nécessairement vers les problèmes d'interopérabilité : i) sur la cohérence des couplages assurant la bonne marche de la communication et des échanges d'informations et de données, ii) sur les outils existants de la société en lien avec le système support employé pour la réalisation de la solution pour l'échange des informations et la pérennité des flux d'information concernés par le système.

Un appui scientifique important parait nécessaire à chaque étape, depuis les mécanismes d'analyse et de formalisation des processus REx jusqu'à ceux de test, de validation et de déploiement de la (des) solution(s) proposée(s) via l'outil PLM.

Les développements vont conduire à engager de manière combinée différentes formes d'outils tant dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, des systèmes décisionnels collaboratifs et des méthodes de résolution de problèmes que dans celui des systèmes informatiques d'aide à la décision et des outils PLM.

Plusieurs autres points d'intérêt scientifique en découlent.

C'est, d'abord, la définition de mécanismes non intrusifs de capitalisation des informations caractérisant les événements positifs et négatifs du cycle de vie des systèmes de batteries : contexte d'apparition et d'utilisation, expériences ou solutions mises en œuvre et connaissances pouvant être générées et mutualisées. Plusieurs processus spécifiques devront être spécifiés pour la capitalisation, la vérification et la formulation de chaque type d'information avec la définition d'experts habilités à valider le contenu et la distinction des informations relatives aux produits de celles relatives aux processus de réalisation.

C'est ensuite, au niveau de la formalisation même des connaissances et de l'approche multivue des situations, la conduite de traitements multi-modèle. C'est aussi le développement de fonctionnalités nouvelles pour les outils utilisés (sans anticiper sur la suite de la démonstration, nous pouvons déjà évoquer l'analyse de similarité de cas).
Il est à souligner que l'intégration de processus REx dans un outil logiciel PLM est en soi une innovation.

C'est également la définition des principes d'exploitation de ces informations dans le cycle de développement des nouveaux systèmes. Ces informations doivent permettre d'améliorer la performance des systèmes de batteries (fiabilité, coûts, rendements…) et la robustesse des processus de réalisation. Des points spécifiques tels la gestion opérationnelle des compétences, l'intégration des informations dans la prise de décision, les outils de recherche d'information, le travail collaboratif … peuvent créer des blocages.

C'est aussi la définition des modes de déploiement de ces processus de Retour d'Expérience dans les cycles de développement des produits de Saft avec les consignes de management des acteurs, élément clé dans toute évolution des modes de travail d'une entreprise.

Enfin, sur le plan pratique, les développements que sous-tend cette problématique vont imposer une approche par immersion dans l'entreprise. Cette immersion doit être l'assurance de la pleine appropriation des processus qui forment l'entreprise ; elle permettra l'établissement d'une cartographie fine des bases de données techniques et des gisements de connaissance, une bonne connaissance des méthodes de travail, des expériences REx antérieurement tentées par l'entreprise et des règles métier engagées dans le développement des produits et, sur un autre plan, la participation au management du changement.
Par ailleurs, il sera évidemment nécessaire d'intégrer pleinement l'équipe projet PLM qui se met en place dans l'entreprise.

4.3 LES TRAVAUX DANS LE DOMAINE

Nous introduirons dans le chapitre II les appuis bibliographiques à notre travail, propres à chacun des concepts PLM et REx que nous désirons intégrer. Nous considérons seulement ici les travaux scientifiques qui concernent l'intégration des deux concepts.

La définition souvent utilisée pour décrire le PLM est celle donnée par CIM Data présentant le PLM comme "une approche stratégique d'entreprise, qui applique un ensemble de solutions pour soutenir dans un mode collaboratif la création, la gestion, la dissémination et l'utilisation de l'information de définition des produits, en entreprise étendue, du concept à la fin de vie, en intégrant les personnes, les processus, les systèmes et l'information" [CIMdata 2002].

Cette définition va au delà de la seule activité de gestion de l'information. Elle prend notamment en compte la création de l'information qui relève d'activités et d'outils *métier*. De fait, le PLM doit permettre la circulation des informations entre les différentes applications *métier* ; il est soutenu en cela par les systèmes d'information et les logiciels afférents. Ses caractéristiques doivent lui conférer une aptitude marquée à l'interopérabilité (capacité d'un système à interagir avec un autre) afin pour pouvoir interagir avec un maximum d'applications [Dutta 2005]. Nous aborderons cet aspect interopérabilité dans le chapitre II.

Dans sa présentation des fonctionnalités du PLM, Le Duigou souligne tout l'intérêt du couplage des systèmes à base de connaissances (KBS) au système PLM pour étendre les fonctionnalités *métier* [Le Duigou 2010]. Le REx fait partie des outils KBS permettant d'extraire et de structurer les informations sous-jacentes des activités *métier*.
Ses travaux sont orientés vers la définition d'un cadre de modélisation facilitant la prise en compte des processus *métier* significatifs et du modèle de données à implémenter, ceci à plusieurs niveaux de généricité.

Un moyen exploité pour assurer la communication (voire l'intégration) entre systèmes d'informations et, en aval, le partage des connaissances est l'emploi commun d'ontologies.
Un cadre fondé sur les ontologies permet une modélisation des connaissances qui facilite leur gestion ; les connaissances sont cumulables, partageables et révisables [Chourabi 2009]. Nombreux sont les travaux qui traitent ainsi de la formalisation des connaissances [Kesavadas & al 2005] [Gomes & al 2005] ; nous exploiterons certains aspects dans notre démonstration.

Soulignons aussi un ensemble de travaux dans le domaine des processus collaboratifs considérés au niveau de l'intégration de systèmes inter ou intra entreprise parmi lesquels le PLM occupe une place privilégiée. Cette intégration est motivée par le souci de disposer d'une vue globale cohérente de l'entreprise et de ses partenariats. Considérons les couplages importants qui impliquent le PLM.

Le premier couplage, assez évident pour sa nécessité, est celui entre le PLM et l'ERP (Enterprise Resources Planning) de l'entreprise qui supportent des fonctionnalités complémentaires, le premier traitant le produit virtuel via ses informations, l'autre décrivant le produit physique [BenKhedher 2010]. De nombreux travaux portent sur cet aspect. Un état bibliographique détaillé est disponible dans [Muller & al 2009]

Dans ces situations d'intégration, l'association du PLM au CRM (Customer RelationShip Management) est également souvent requise lorsque le client est impliqué par ses exigences et demandes formalisées ou par ses choix tels celui de configuration du produit [Debaecker 2004]. Un autre couplage communément requis est celui du PLM avec le système SCM (Supply Chain Management) ou l'APS (Advanced Planning Systems) de l'entreprise.

L'intégration des systèmes pose, bien sûr, des problèmes d'interopérabilité liés à leur capacité à fonctionner ensemble. Des travaux ont également cours sur la recherche de plateformes d'intégration qui aident à cet inter-fonctionnement des systèmes. Même si ces développements scientifiques ne sont pas directement couplés à nos préoccupations, citons les principales architectures considérées :

. l'Architecture Dirigée par les Modèles ou MDA (Model Driven Architecture) qui engage principalement des techniques de modélisation et des techniques de transformation de modèles, en partant d'un modèle *métier* indépendant de l'informatisation (Computation Independent Model, CIM) [Bevizin 2004],

. l'Architecture Orientée Service ou SOA (Service Oriented) qui repose sur la réorganisation des applications en ensembles fonctionnels appelés services [IBM 2007] [Srinivasan 2011]. L'objectif est de mettre en œuvre des applications distribuées utilisant des protocoles et des langages standards,

. l'Architecture d'Intégration des Applications d'Entreprise ou EAI dont l'objectif est de constituer une infrastructure de communication globale, cohérente et systématique entre les applications du système d'information [Debaecker 2004].

Une bonne illustration de ces champs de recherche est représentée par les travaux de El Kadiri, sur le management des processus collaboratifs dans les systèmes PLM, ou encore de Paviot, sur l'interopérabilité des systèmes d'information dans le PLM [Paviot 2010].

De nombreux développement sont faits autour du PLM vu comme un système de gestion de connaissances. Ces travaux abordent le problème de l'intégration des connaissances dans un système PLM. Parmi les travaux sur la gestion de l'expertise dans le PLM et assez proches de notre problématique, citons ceux de Ducellier qui concernent le domaine de la conception et les activités relatives à la capitalisation et à la réutilisation des données [Ducellier & al 2006]. L'objectif des auteurs est d'intégrer des paramètres et des règles expertes pour enrichir les données.

Dans [Bissay & al 2008], les auteurs proposent d'autres modes de capitalisation axés sur l'utilisation de mécanismes de traçabilité dans les processus *métier* des systèmes PLM. L'objectif est de définir et d'évaluer les connaissances nécessaires et employées tout en favorisant leur réutilisation via des règles métier intégrées aux outils de conception.

Même si de nombreux travaux académiques ont été consacrés au REx et aux mécanismes qui le constituent (cf. chapitre II), peu ont concerné les aspects méthodologiques de mise en place du REx ; les appuis bibliographiques restent peu nombreux à ce niveau. Peu, également, ont traité le couplage entre les systèmes REx et PLM. Bien sûr, un certain nombre d'études ont concerné l'application des principes du REx au service de l'instanciation ou de l'opérationnalisation d'un système PLM dans un cadre industriel mais la prise en compte explicite, dans le cadre du PLM, des fonctionnalités du REx ne semble pas avoir été abordée.

On peut, évidemment, récupérer les acquis d'expériences passées de mise en place de PLM pour favoriser une nouvelle implantation [Bokinge & al 2012]. La majeure partie des travaux relatifs au REx dans les PLM concerne la phase de déploiement de l'outil PLM.
La troisième journée du PLM organisée à Lyon par l'Espace Numérique Entreprise, l'AIP Priméca et le Cluster Gospi [PLM, 2010] est un exemple type dans lequel différents témoignages ont alimenté cette réflexion.
Toujours dans ce cadre, les professionnels PLM ont insisté sur des traits génériques essentiels au succès d'une implantation PLM tels : i) le plein soutien de la stratégie d'entreprise pour laquelle la démarche PLM globale ne doit pas être assimilée à une seule implémentation d'une GDT (Gestion des Données Techniques) adossée à un système CAO, ii) un examen fin des processus entreprise et des optimisations à apporter, iii) un cadrage serré du projet PLM organisé en étapes progressives.

Nous pouvons utiliser les concepts développés dans le cadre des travaux de l'EC Nantes [Le Duigou 2010] pour l'instanciation des nouveaux processus. Ce travail de thèse propose un cadre de modélisation basé sur un processus en quatre étapes clés (identification des besoins, modélisation du processus, extraction des objets et validation) permettant d'instancier un PLM en fonction des besoins de l'entreprise. Consolidée par une démarche générique, cette méthode permet aux entreprises de modéliser leurs besoins, leurs processus et leurs modèles de données dans un cadre fonctionnel pour les instancier dans le PLM.

D'autres travaux dédiés ont concerné un Retour d'Expérience de déploiement et d'emploi d'outils PLM. Souvent menés dans des cadres universitaires, ces travaux quoi qu'intéressants, restent en-deçà de nos préoccupations. Citons néanmoins les journées REx-PLM de PLM Lab qui rassemblent régulièrement des acteurs essentiellement académiques du PLM partageant leurs retours d'expériences dans le déploiement, l'utilisation ou la maintenance de système "PLM" ou "PDM".

En dehors de ces recherches relativement hétérogènes, d'autres travaux concernent la capitalisation des connaissances, la réutilisation des données et les modèles d'aide à la décision (cf. Chap II, §4) mais nous n'avons pas identifié de travaux considérant la problématique de couplage REx – PLM sous le même angle d'analyse que nous.

5 PISTES D'ACTION

Nous présentons dans ce paragraphe la démarche globale d'étude suivie. Celle-ci influe sur la suite du mémoire par la manière avec laquelle nous rapportons la démonstration que nous avons proposée. Nous prolongeons cette présentation par quelques considérations générales au cadre d'étude mais qui devraient néanmoins constituer des traits d'appui à notre démarche.

5.1 DEMARCHE D'ETUDE

Sans reprendre les éléments fournis dans l'introduction générale du mémoire, nous donnons ici les points principaux d'articulation de la démonstration que nous envisageons.

Tout d'abord, un point essentiel au bon développement de l'étude est l'établissement d'un état circonstancié de la situation interne Saft sur les deux plans de la mise en place du projet PLM et de la maturité de l'entreprise par rapport au Retour d'Expérience. Cet état doit permettre d'affiner l'attente exprimée par Saft dans sa formulation du besoin ainsi que les conditions de réalisation de notre recherche.

Notons immédiatement que sur le plan du projet PLM, notre adhésion au projet de déploiement de la solution PLM chez Saft sera totale. Le projet était dans sa phase initiale et nous avons rejoint l'équipe projet dès les premières étapes avec le statut d'ingénieur système PLM.

La deuxième phase de travail, consécutive à cette importante phase d'identification, portera sur les développements de modélisation. Il s'agira, d'une part, des développements propres à la mise en place de l'outil PLM. Bien qu'essentiels à notre recherche, ces développements ne seront que partiellement repris dans ce mémoire. Il s'agira ensuite de l'ensemble des représentations liées aux processus mêmes du Retour d'Expérience ; ces processus seront engagés plus tard dans les différentes situations susceptibles de créer ou, simplement, d'impliquer une connaissance constitutive du patrimoine immatériel de Saft.

La phase suivante portera sur la caractérisation des supports d'information et de connaissance engagés ou produits par les processus REx puis sur la prise en compte de leur gestion par l'outil PLM.

Nous n'allons pas plus avant ici dans la présentation des développements. Ceux-ci seront argumentés au fil des avancées de la démonstration faite dans les chapitres successifs. Notons seulement encore l'importance qui sera accordée à : i) l'amélioration des processus REx permettant d'appréhender (et de générer) avec la plus grande efficacité une connaissance explicite, ii) l'articulation cohérente des processus REx et PLM et la caractérisation fine de cette articulation pour un ancrage REX-PLM performant.

5.2 POINTS D'APPUI

Nous abordons ici certains points qui, sans être au premier plan dans la définition même de l'étude, seront présents de manière importante tout au long des développements.

5.2.1 L'aspect humain

L'aspect sociologique apparait de façon majeure dans le projet. Plusieurs raisons sous-tendent ce trait.

D'abord, l'individu figure, dans un rôle clé, aux deux extrémités du système : il est, d'une part, le fournisseur d'informations et, d'autre part, le client de l'application.

Sur le plan de la capitalisation des informations, l'application d'une méthode non intrusive où il ne serait pas demandé d'effort supplémentaire à l'acteur peut sembler utopique. Pourtant, astreindre la saisie de l'information sans contrainte forte est envisageable par le couplage de l'activité à une tâche *métier* habituelle de l'acteur. La difficulté réside dans la capacité à capturer efficacement les informations désirées tout en limitant les aménagements de la tâche d'appui afin de ne pas perturber l'acteur concerné.

Sur le plan utilisation, impliquer l'individu à la définition du besoin et, peut-être, à la conception de la solution, lui permettra d'appréhender plus facilement les apports de celle-ci. Sa participation à l'expression du besoin, son expertise

sur le développement faciliteront son appropriation des résultats. L'acceptation de l'application de la solution et des changements qu'elle induit sera plus aisée. Convaincu des apports de la solution, l'acteur aura le réflexe d'intégrer dans le système les informations qu'il juge importantes pour lui-même ou les autres acteurs dans l'objectif de les réutiliser. Il sera sensibilisé au REx.

Enfin, sur le plan opérationnalisation de la solution, l'exploitation du système engage un ensemble d'utilisateurs représentant une diversité de métiers et de responsabilités. Le niveau d'acceptation de la solution par ces utilisateurs et la rapidité d'appropriation constituent un facteur important de réussite du projet. Sur ce point, les critères d'adoption de la solution par les acteurs sont très variés ; savoir identifier ceux dont l'influence est la plus grande sur le plus grand nombre sera un atout essentiel à cette réussite.

5.2.2 La modélisation

L'activité de modélisation vise à établir une représentation abstraite de la réalité pour offrir une vue schématique des éléments et concepts que l'on veut décrire. Un modèle décompose la réalité afin de disposer d'éléments de travail exploitables que l'équipe projet puisse s'approprier. La finalité est de converger vers une compréhension commune et précise du domaine d'étude et du système dans une démarche d'analyse [Messaadia 2008].

Dans le cas de système complexe, un modèle est constitué de plusieurs représentations, indépendantes ou non, complémentaires. La multiplicité des vues permet de ségréguer les caractéristiques clés qui font l'objet de développement. Le modèle est la compilation cohérente de ces différentes vues.

Le système pourra être décrit par des ensembles de représentations statiques et/ou dynamiques des comportements, suivant ces points de vue qui peuvent être orientés état (vue composant, cartographie), fonctionnement (vue logique, vue processus), utilisation (vue utilisateur, vue concepteur), activité (vue déploiement), organisationnel…

Pour nous, l'intérêt sera d'abord la capacité et la facilité de communication et d'échange sur un concept, selon différents points de vue, pour recueillir les informations des acteurs. La modélisation permettra le recueil des informations clés afin d'identifier les caractéristiques du domaine étudié.

Selon la diversité des composantes du système qui pourront être, pour nous, des données, des traitements ou des flux, il est primordial de savoir celles sur lesquelles on veut travailler pour influencer le comportement du système et son exploitation.

De nombreux outils et démarches de modélisation formels existent en appui. Bien que l'exploitation d'outils "maison" soit souvent pratiquée dans les sociétés, l'emploi de méthodes formelles telles que SysML [Weilkiens 2008] ou de formalismes processus comme le BPMN (Business Process Model Notation) [BPMN 2011] est recommandé pour les communications débordant du périmètre entreprise. Ces méthodes permettent d'employer un langage commun reconnu par les domaines concernés et représentent donc un outil à haut potentiel de communication.

Parmi les divers types de schémas de modèles, les outils de cartographie représentent un modèle statique ; ils permettent de représenter formellement les situations et les flux.

Dans notre étude, il sera essentiel d'établir une cartographie de l'infrastructure informatique et des flux d'information en circulation dans l'entreprise.

La cartographie de l'infrastructure informatique d'une entreprise permet de consolider les connaissances sur les applications et de comprendre le fonctionnement de celle-ci. Cette représentation des outils informatiques permettra d'identifier, sur de multiples niveaux, les points clés de notre étude.

Sur un plan général, cet aperçu de l'ensemble des outils et de leur finalité d'emploi aidera à la compréhension du fonctionnement de Saft. Cette représentation permettra d'estimer le poids des applicatifs dans le processus de gestion du cycle de vie du produit et leur taux d'usage par les différents services techniques et supports.

Plus finement, il est intéressant de représenter les informations de travail "clés" des acteurs. Cet état permettra de modéliser les flux d'information formels du domaine d'étude pour repérer ces données clés. La constitution de la

cartographie du flux d'information est l'établissement d'un inventaire ordonné des échanges d'information entre les différentes entités.

5.2.3 Les gisements de connaissance

Il existe plusieurs façons de caractériser les gisements de connaissance de l'entreprise. Nous aborderons cet aspect dans la première partie du chapitre II mais notons ici que cette approche, déployée sur les savoir-faire métier relatifs à l'élaboration du produit, visera à établir une cartographie permettant de décrire les domaines de connaissances Saft et de les instrumenter.

Le repérage des connaissances consiste à mettre en avant et à ordonner selon leurs fonctions, les informations pertinentes à valeur ajoutée, générées et utilisées au cours des activités et des processus impliqués dans le cycle de vie du produit. Ces informations sont les savoirs fonctionnels (gestion des activités) et opérationnels (expertise technique) échangés au cours de ces processus produit ; elles permettent le partage des acquis par l'apprentissage et la transmission des savoirs.

Leur recherche peut être réalisée par l'examen des documents de référence et d'interviews d'acteurs métier pour identifier finement les informations clés entrant en compte dans le cycle de vie du produit. L'implication d'experts permet de bénéficier d'un point de vue averti pour faciliter l'appropriation du sens des informations clés et canaliser l'étude sans perte de temps et d'informations (aller à l'essentiel sans "s'encombrer" d'informations non pertinentes).

Pour assurer la prise en compte de l'ensemble des éléments clés d'un processus, les secteurs classiquement considérés sont tous les champs transverses au système industriel. Chacun de ces secteurs est caractérisé par un ensemble de références, de règles et de documents permettant d'en décrire le fonctionnement. L'analyse consiste à extraire les informations *métier* de ces champs d'application intervenant au cours des processus produit.

Notre démarche sera focalisée sur les niveaux opérationnels et tactiques, en prenant évidement en compte l'aspect qualité indissociable de la notion de performance appliquée au processus de développement.

Les domaines *métier* Saft associés au développement de produit sont les disciplines schématisées sur la figure I.9 suivante.

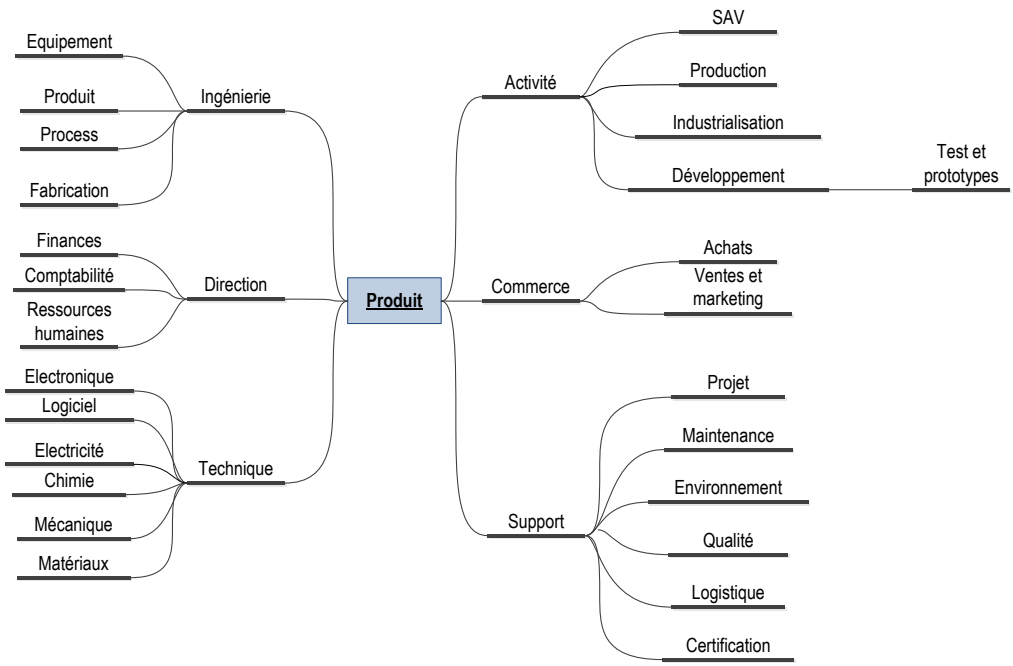


Figure I.9 - Domaines *métier* Produit

L'analyse comprend non seulement le contenu des tâches techniques opérationnelles, activités "connues" de création de valeur, mais aussi l'ensemble des éléments qu'il faut connaître avant de prendre une décision concernant une phase de l'élaboration du produit.

Ce traitement permet d'identifier par domaine *métier* le comportement des connaissances dans le processus étudié.

Les informations et les connaissances sont principalement détenues par les acteurs, explicitées dans les documents de référence ou, indirectement via le comportement du système.

Au cours du processus de développement du produit, cadre de l'étude, nous étudierons, dans un premier temps, les flux d'information apparents :

. données physiques et numériques :

. émission et validation des demandes d'étude, données d'entrée des projets,

. gestion des documents projet,

. gestion des documents techniques,

. gestion des documents support (essais, risques, qualité),

. gestion des modifications,

. organisationnel :

. classification de la complexité du projet,

. suivi des tâches, des jalons et des livrables associés,

. expertise :

. conception des modèles de composants et produits,

. réalisation d'essais, de maquettes, de prototypes, du premier article…

. création et modification de normes.

Certaines informations issues des processus, notamment les concepts et solutions provenant de discussions ou de domaines collectifs, sont volatiles, i.e. elles ne font pas l'objet de documents ou de données concrètes de l'entreprise. Néanmoins, il sera essentiel de les identifier également car elles peuvent jouer un rôle important dans les prises de décision et dans les actions.

5.2.4 La formalisation des connaissances

Une part importante des informations *métier* Saft est retranscrite dans les documents de référence appelés Normes Saft (NS). Ces normes sont des documents internes explicitant le système, les procédures, les modes opératoires et les spécifications techniques particulières.

Les NS ont pour objet de rapporter l'apprentissage issu des expériences techniques et systèmes de l'entreprise impliquant les savoirs et savoir-faire techniques et systèmes de Saft à tous les niveaux transverses appliqués aux processus. Leur rôle est de mettre en lumière les éléments qui influencent les prises de décision et orientent les choix.

Les NS se présentent sous la forme de documents PDF partagés et visent à correspondre au mieux aux habitudes de travail des acteurs. Exploitables via un portail réseau, les documents sont accessibles à tous les acteurs techniques. L'effort de sensibilisation des acteurs à l'emploi des NS est une activité à part entière à inclure dans les modes de travail.

Nous développerons cet aspect dans le chapitre II mais notons déjà que la gestion des NS y apparaît comme un procédé de création de connaissances. La raison d'être de ces documents qualité descriptifs du système et de la technique est bien de capitaliser les savoirs et savoirs faire de l'entreprise. En fonction des actions réalisées sur ces documents, la participation de groupes d'experts pour les étapes de création, de relecture, et de validation sont clairement nécessaires.

Ces documents applicables sont issus de la mémoire collective et, tels qu'utilisés aujourd'hui, leur création et leur évolution sont formalisées. Les données et acteurs intervenants dans le processus de création et de décision sont tracés et enregistrés.

Le processus de traitement des NS relève de l'emploi de méthodologies standard, de règles d'application et d'instructions de travail. Celles-ci sont engagées sur les processus de création, d'évolution et de validation des NS pour

optimiser chaque opération des acteurs, éliminer les tâches sans valeur ajoutée et offrir aux experts et décideurs les éléments d'appui à la réalisation de leur tâche.

Bien sûr, les caractéristiques et critères techniques sont des informations à "valeur" produit et technologique mais les composantes fonctionnelles d'organisation et de méthode caractérisent également les processus. L'étude du domaine par le croisement des secteurs transverses et des fonctions *métier* doit permettre de considérer tout le champ d'application de l'étude. Les connaissances sont donc "traquées" à chaque niveau d'activité du cycle de vie du produit.

L'identification des flux d'information dans les différents niveaux du processus permet d'identifier les éléments clés entrant en jeu dans la gestion des connaissances et d'expliciter la connaissance issue des activités opérationnelles. L'analyse de ces flux permettra de comprendre le cheminement des données et des informations dans l'élaboration des savoirs et savoir-faire retranscrits dans les documents, les règles d'organisation ou les habitudes de travail des opérationnels.
Au final, elle permettra de caractériser les mécanismes employés chez Saft, dans le processus de développement des produits, pour la création de l'information, sa transformation et son évolution, sa transmission et son exploitation.

6 CONCLUSION

Notre objectif dans ce premier chapitre était de présenter la problématique de recherche de la thèse à partir de l'expression du besoin industriel initial de Saft.

Nous avons vu que le problème à traiter est issu du cadre général d'une démarche d'amélioration continue des performances engagée par Saft ; il porte sur la recherche et la proposition de solutions de valorisation du patrimoine immatériel de la société.

La solution à développer doit s'accorder aux actions déjà entreprises par la société dans ce cadre ; ceci a abouti à la formulation générale suivante du problème : la définition et la mise en œuvre dans un PLM d'un processus de Retour d'Expérience dédié aux produits et aux processus et conduisant à la capitalisation, au traitement et à l'exploitation des informations et des connaissances qui forment le patrimoine immatériel de Saft.

La présentation générale que nous avons faite du contexte de travail a montré toute la complexité sous-jacente du problème posé. Cette complexité est issue de facteurs divers dont notamment :

. la complexité du produit et celle des processus engagés pour son développement et sa production,

. la diversité des métiers et poids de l'interdisciplinarité,

. la diversité des informations et des connaissances engagées dans les métiers,

. l'importance de la connaissance tacite et des règles métier,

. le poids de la qualité et des exigences induites.

Consignons encore ici deux autres traits importants qui façonnent fortement le problème :

. la solution à développer doit s'inscrire totalement dans la dynamique d'amélioration continue impulsée par Saft par l'articulation aux projets en cours dont, principalement, celui de mise en place d'un système PLM,

. elle doit produire une évolution sociologique conduite sans heurt, dans une forme non intrusive envers des acteurs impliqués de façon continue tout au long de cette solution.

Soulignons que l'ensemble de ces difficultés constitue, selon nous, un véritable challenge. Le problème posé revêt une réelle dimension scientifique et l'applicabilité industrielle est une caractéristique requise. Nous n'avons pas trouvé de résultats de travaux de recherche directement apparentés à notre problématique ; de nombreux appuis seront néanmoins possibles dans les champs directs de l'ingénierie des connaissances et de l'ingénierie système.

Dans le chapitre II, nous allons compléter cette présentation du problème en présentant un état de l'art centré sur les champs scientifiques sur lesquels nous adosserons nos propositions et un état des lieux du cadre de réalisation entreprise de notre solution. Ce chapitre va nous permettre de dégager les éléments d'appui de notre démonstration.

Chapitre II - Eléments d'appui de la méthodologie

1 INTRODUCTION

Nous avons exposé, dans le premier chapitre, la problématique de la recherche.

Dans ce chapitre II, nous voulons :

. faire un état des lieux méthodique sur la situation *entreprise* dans laquelle nous devons développer la solution,

. dresser un état de l'art ciblé sur les domaines dans lesquels s'étend la problématique de recherche et dans lesquels pourront être identifiés les éléments susceptibles de contribuer à notre solution.

Le chapitre est organisé en trois paragraphes dédiés chacun à un élément important de notre travail.
Nous considèrerons successivement le domaine des systèmes informationnels et de l'ingénierie des connaissances, celui des systèmes REx (Retour d'Expérience) et, enfin, celui des systèmes PLM (Product Lifeycle Management).
Dans chaque cas, nous exposerons les principaux développements scientifiques significatifs du domaine, en rapport avec notre travail, ainsi que la situation particulière de Saft relativement à ce domaine.

Le premier paragraphe permet d'appréhender l'importance du patrimoine immatériel, c'est-à-dire l'intelligence collective d'une entreprise. Les termes clés du domaine sont explicités et rapprochés des notions analogues de Saft. Cette partie nous permet de mieux appréhender l'environnement informationnel de Saft.

La suite du paragraphe est dédiée à la Gestion des Connaissances, approche incontournable pour gérer efficacement les informations clés et enrichissantes d'une organisation. Nous situons le Retour d'Expérience dans ce cadre et commentons les principaux appuis susceptibles d'être exploités dans notre travail. Nous donnons en fin de paragraphe un premier état du patrimoine immatériel de Saft.

Le paragraphe suivant est consacré à la présentation de la démarche de Retour d'Expérience et des caractéristiques principales qui en font un processus complet, robuste et accessible. La modélisation des étapes clés du processus souligne la puissance de création de connaissances qu'il induit. Cette partie est aussi une synthèse de la perception Saft du Retour d'Expérience et des pratiques internes mises en place dans le domaine. Basé sur cette synthèse, nous dévoilons les opportunités d'adoption de Saft et ses principales problématiques pour spécifier clairement les besoins fonctionnels de la société en termes de Retour d'Expérience.

Enfin, le dernier paragraphe du chapitre nous permet de présenter le PLM et les principes généraux des outils intégrés consacrés au cycle de vie du produit. Nous présentons le projet Saft et la procédure d'implantation de la solution progicielle paramétrée pour la société.

2 LE PATRIMOINE IMMATERIEL DE L'ENTREPRISE

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre I, les améliorations matérielles ne sont plus l'unique enjeu des entreprises. Depuis les années 80, le constat établi par les industries met en évidence les bénéfices tirés par les acquis immatériels. La valorisation des savoirs et savoir-faire constitue un enjeu de taille pour se différencier et créer de la valeur immatérielle : le savoir.

2.1 DEFINITIONS

Le *patrimoine immatériel* désigne les acquis sans nature physique. En économie, la connotation d'actif immatériel représente la valeur positive détenue par l'organisation, i.e. ses propriétés intellectuelles ; en industrie, le terme de *Mémoire Entreprise* est plus souvent utilisé. Il s'agit du capital intellectuel détenu par l'entreprise, i.e. les informations et les connaissances issues des savoirs et savoir-faire du personnel, des modes de communication, de la culture entreprise, des synergies de l'organisation...

De nombreux experts et associations (IFAC[4], CIGREF[5]) travaillent sur la thématique. Dans [Edvinsson & al 1999], les auteurs proposent un étalonnage du capital immatériel sur cinq notions explicitées comme suit :

. le capital humain : il regroupe les compétences, les connaissances, les savoirs, le savoir-faire, le savoir-être et les compétences détenues par les employés et les décideurs de l'organisation,

. le capital structurel : il centralise l'ensemble des moyens d'application de ces savoirs par les outils et les techniques de l'organisation,

. le capital processus : il correspond à l'ensemble des processus appliqués au sein de l'organisation pour accroitre la qualité et la productivité ; ces processus peuvent être liés à des informations structurées ou non structurées. La certification ISO et la pertinence des normes appliquées dans l'entreprise accroissent le capital processus de l'entreprise.

. la gestion du patrimoine immatériel : cette activité qui requiert une analyse de la richesse et l'élaboration de concepts vise à valoriser et à promouvoir ce capital dans une dynamique d'amélioration,

. les concepts du domaine : il s'agit des termes du langage courant, riches en sens où l'erreur d'interprétation est possible au risque d'engendrer des confusions. La définition d'un vocable ajusté à la perception du domaine assure une cohérence de lecture au fil de la démonstration.

Toutes ces notions nous paraissent significatives dans le cadre du développement de notre solution qui est destinée à une application en ingénierie de produits manufacturiers.

La terminologie de base est construite à partir des définitions du CNRTL[6] (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales) du CNRS.

La notion clé *connaissance* est sous-tendue par les notions de *donnée, information et compétence ;* celles-ci sont généralement considérées suivant la logique illustrée sur le schéma de la figure II.1 [Gardoni 1999] :

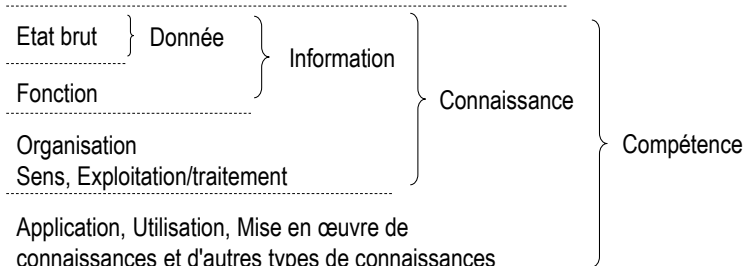


Figure II.1 - Donnée, information, connaissance et compétence

D'autres distinctions sont proposées dans la littérature ; par exemple, dans [Vance 1997], ces mêmes notions sont distinguées par une différenciation de leur mode de création.

La signification du savoir, des savoir-faire, du savoir-être et de l'expérience est importante car ces concepts sont couramment employés dans le domaine du REx et interviennent dans la définition détaillée des connaissances :

. le *savoir(*)* représente l'ensemble des connaissances d'un acteur ou d'une collectivité acquises par étude, observation ou expérience. Le savoir sous-tend une certitude ou un fait définitif. Le savoir peut s'appuyer sur des connaissances à caractère *explicite*,

[4] IFAC : Association loi 1901 à but non lucratif, l'Institut de Formation, d'Animation et de Conseil est un espace d'échange et de partenariat entre élus locaux et professionnels, pour l'amélioration des services d'animation et d'action territoriale à destination des populations. http://www.ifac.asso.fr/

[5] CIGREF : Association créée en 1970 le Club Informatique des Grandes Entreprises Française, est un réseau qui regroupe plus de 130 grandes entreprises et organismes français dans tous les secteurs d'activité (banque, assurance, énergie, distribution, industrie, services) et a pour mission de « promouvoir la culture numérique comme source d'innovation et de performance ». http://www.cigref.fr/

[6] http://www.cnrtl.fr/

. le *savoir-faire(*)* est l'habileté d'un acteur à mettre en œuvre son expérience et ses connaissances acquises pour réaliser une tâche précise [CIGREF 2000]. C'est l'ensemble des savoirs enrichis d'expérimentations successives (succès ou échec) rendant apte à réaliser une activité dans un contexte donné et dans le cadre d'une fonction précise. Le savoir-faire a un caractère *tacite*,

. le *savoir-être* est la capacité d'un acteur à adapter son comportement aux conditions environnantes pour être efficient dans ses actions et réactions. Ce savoir s'acquiert par la connaissance du domaine et s'articule au savoir-faire dans un contexte maitrisé,

. l'*expérience* correspond, dans le cadre de la problématique du REx, à l'interprétation de ce que l'acteur a perçu d'une activité vécue ; elle intègre une dimension émotionnelle.

(*) Maret rappelle que "savoirs et savoir-faire sont les deux aspects indissociables de la connaissance… tant qu'ils ne sont pas maîtrisés, ils constituent un capital fragile car ils ne sont ni partageables, ni persistants, c'est-à-dire non réutilisables en l'absence de leur détenteur" [Maret 1997].

Le concept de processus est communément employé dans les domaines du REx et du PLM. Nous utilisons la définition générale suivante [ISO 2005] pour l'introduire : "Toute activité ou ensemble d'activités qui utilise des ressources pour convertir des éléments d'entrée en éléments de sortie est considéré comme un processus" (cf. Figure II.2).
El Mahmedi contextualise cette définition dans le cadre de l'entreprise industrielle en introduisant les notions de savoir-faire, de temps et d'objectifs [El Mahmedi 1997]. Nous renforçons sa proposition en introduisant les notions de résultats et d'é*vènement* que nous présenterons dans ce paragraphe.

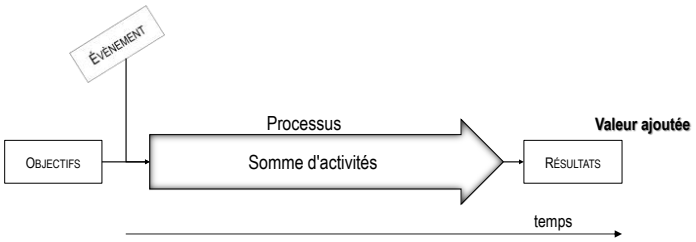


Figure II. 2 Description de processus

La norme ISO 9000 / 2005 [ISO 2005] classifie les processus en quatre catégories :

. les processus de management, liés à la stratégie, la maitrise de l'organisation, la gestion des compétences collectives et individuelles et la maitrise des risques pour assurer la direction,

. les processus fondamentaux, liés à l'élaboration du produit et concernant les activités de réalisation et de production du bien manufacturier (ces processus sont le cœur de l'entreprise car ils visent directement les clients),

ces processus dictent les règles générales d'entreprise ; génériques et peu explicites, ils constituent les références de notre étude,

. les processus support : liés aux ressources matérielles, informationnelles et humaines. Ils sont voués à mettre en œuvre des processus fondamentaux par la mise à disposition de moyens nécessaires au bon déroulement des activités,

ces processus sont couramment désignés par des procédures ou par des règles de travail car ils proposent la mise en application des règles issues des processus fondamentaux par une séquence d'actions définies,

. les processus de mesure, d'analyse et d'amélioration : liés au recueil des indicateurs de mesures et des comparaisons et analyse des résultats relatifs aux objectifs,

ces processus sont nécessaires pour l'évaluation des activités, la réactivité et l'étude des voies d'amélioration.

Certains processus sont corrélés, i.e. les données d'entrée et/ou de sortie peuvent être liées à plusieurs instances de processus.

Les processus support et les processus de mesure, d'analyse et d'amélioration font partie des objets de notre étude.

Les composantes des processus font l'objet de plusieurs définitions suivant leur contexte d'emploi. Pour éviter toute confusion de terminologie, nous proposons de définir ces termes comme suit :

. la *structure* du processus correspond à l'agencement des séquences activités permettant d'organiser le travail. Elle est ponctuée de jalons décisionnels ou opérationnels,

. une *activité* est un ensemble coordonné d'opérations élémentaires réalisées par des individus ou des groupes identifiés pour créer de la *valeur ajoutée*.

Une activité ou une tâche processus est identifiée par un statut de départ et de fin. Elle est soumise aux contraintes internes ou externes de l'environnement et consomme des ressources humaines, techniques et/ou financières dans la réalisation des opérations qui la concernent.

Il existe plusieurs types d'activités : les activités intellectuelles (liée à la production de connaissances), techniques (relative à la réalisation du produit) et administratives.

Les concepts d'objectif, de résultat et d'évènement s'appliquent aux notions d'activité et de processus. Ils désignent les caractéristiques de départ et d'arrivée :

. l'*objectif* est le but déterminé ; il sert à caractériser un niveau de performance et un résultat attendu. Pour un processus, il définit la finalité et la valeur ajoutée stratégique ou opérationnelle qu'est censé produire celui-ci ; pour une activité, il détermine la finalité espérée de la séquence d'opérations,

. le *résultat* correspond aux données de sortie matérielles ou immatérielles. Pour un processus, c'est un produit ou un service issu de la transformation des éléments entrants en éléments de sortie,

lorsque les éléments sortants sont relatifs à des données contractuelles ou officielles, ce sont des livrables ; la satisfaction du résultat est quantifiable et qualifiable en fonction de l'objectif considéré,

. l'*événement* est l'élément déclencheur du processus ; il initie celui-ci et est un fait constaté d'origine :

- temporelle, en rapport avec le temps ou la mesure de temps, souvent arrivé à une échéance,
- interne ou d'une décision réalisée par un acteur de l'entreprise,
- externe ou d'un choix provenant de l'extérieur de l'organisation.

L'ensemble de ces définitions doit permettre de mieux appréhender le cadre de travail pour comprendre les corrélations entre les facteurs humains, structurels et processus du patrimoine informationnel.

2.2 LES CONNAISSANCES INDUSTRIELLES

Représentant la mémoire d'entreprise, le capital des connaissances industrielles comprend les connaissances créées et manipulées par l'entreprise manufacturière. Nous exposons plus finement ces connaissances industrielles ci-après.

2.2.1 La Mémoire Entreprise

L'analyse de la Mémoire Entreprise permet d'évaluer son potentiel de performance. Des outils permettent de localiser les connaissances. Une classification des savoirs de l'entreprise permettant d'identifier les sources de connaissances exploitables de son environnement est proposée par GAMETH [Grundstein 2000] (Tableau II.1).

Niveau d'interprétation requis pour l'exploitation	Savoirs de l'entreprise Eléments tangibles	Savoir-faire de l'entreprise Eléments intangibles	
	Connaissances explicites	Connaissances tacites incarnées par des individus	
Faible	Connaissances collectives objectivées	Connaissances collectives routines	Connaissances personnelles connaissances privées
Moyen	Connaissances formalisées sur des supports	Connaissances incorporées dans des modèles de comportement	Maitrise de l'environnement, habileté, habitudes
Fort	Information source de connaissance pour quelqu'un	Routines défensives et constructives	Connaissances spécifiques propres à la personne présente

Tableau II. 1 - Connaissances de l'entreprise (GAMETH)

L'interprétation de la connaissance est un facteur clé puisqu'elle définit son potentiel de partage et de mise en œuvre.

Le sens perçu des données par un acteur varie en fonction de son niveau d'explicitation et du caractère de l'utilisateur : le métier, la croyance, la culture, le domaine d'étude sont des facteurs influents sur l'interprétation. Un atout des connaissances objectivées est qu'elles nécessitent un minimum d'interprétation. Cependant, il est difficile d'objectiver une donnée pour tous les niveaux de consultation. Souvent projetées dans des supports formalisés, ces données sont compréhensibles par la communauté de personnes sensibilisée à ce schéma d'interprétation partagée.

Deux types de connaissances sont souvent considérés : Les connaissances *tacites* et les connaissances *explicites* [Nonaka & al 1995].

- Les connaissances *tacites* (ou connaissances implicites) correspondent aux savoirs, savoir-faire et expériences propres à chaque acteur. Ces connaissances sont non formalisées [Clermont & al 2005]. Les connaissances *tacites* constituent les *éléments intangibles* détenus par les individus, elles sont indissociables du détenteur. Il peut s'agir de connaissances personnelles (expertise métier, habileté, tour de main, "secrets métiers", historique et contexte décisionnel…) ou de connaissances collectives (routines, logiques d'actions…). Correspondant aux savoir-faire métier, ces connaissances sont plus ou moins formalisables. Elles sont dites cruciales [Grundstein 2000] et sont difficilement identifiables [Pernelle & al 2006].
- Les connaissances *explicites* sont nettement et complètement formulées. Elles constituent des *éléments tangibles et* sont exprimées sur des supports physiques (procédures, plans, modèles, normes, documents d'analyse, de synthèse…) ou immatériels (bases de données, progiciels, modèles encapsulés dans des systèmes de conception, de production…). Ces connaissances sont formalisées, dédiées à un sujet particulier et concernent des heuristiques qui reflètent l'expérience des experts. Elles constituent le savoir de l'entreprise mais sont parfois difficilement accessibles et leur mode de formalisation ne répond pas toujours au besoin exprimé [Pernelle & al 2006].

Selon [Armaghan 2009], les connaissances *explicites* peuvent être converties en informations

Les "entités" actives dans l'environnement d'élaboration du produit sont directement impliquées dans la génération et l'exploitation des connaissances. Nous illustrons sur le schéma de la figure II.3 les principales entités industrielles génératrices de la connaissance [Bigand & al 2004].

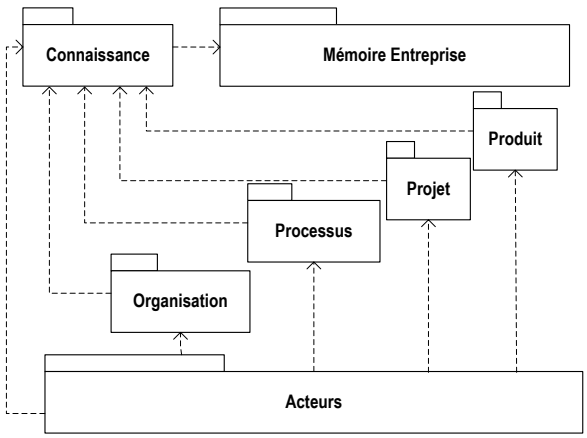


Figure II. 3 - Les principales sources de connaissance

Les données qui permettent de construire la Mémoire Entreprise sont issues des sources liées :

. au *produit*, les données en identifient la fonction, la composition (nomenclature), les contraintes et les transformations potentielles ; elles caractérisent et décrivent le produit et sont les données techniques,
. aux p*rojets*, elles renseignent le jalonnement, l'avancement, les délais, les équipes impliquées dans les actions et pour la fourniture des livrables,

. aux processus de réalisation, elles identifient le séquencement structuré des phases et des rôles *métier* relatifs au *processus métier* ; ces informations caractérisent les activités d'élaboration du produit,

. à *l'organisation* du système, elles renseignent l'exercice des acteurs dans les rôles métier, en fonction de leur expertise métier, de la discipline et du cadre décisionnel.

Les sources de connaissances "*produit*" et "*processus*" permettent d'obtenir des informations robustes issues des données techniques générées au cours des activités d'élaboration. Les données relatives aux *projets* et à l'o*rganisation* sont variables, spécifiques de l'application et plus difficilement généralisables.

La *documentation* est un des supports d'expression des connaissances. Elle est organisée suivant une arborescence et des contenus techniques et de justification.

Notre travail est centré sur les *données techniques* et sur les *processus métier*. Cependant, comme il existe plusieurs corrélations entre ces différentes sources, il faudra également tenir compte de l'incidence possible des aspects *projet* et *organisation.*

Diverses méthodes, centrées sur les processus, portent sur l'élaboration des Mémoires Entreprise. Nous nous intéressons aux méthodes proposées par GAMETH [Grundstein & al 2004] qui permettent d'identifier "les connaissances potentiellement cruciales d'une organisation" suite à une clarification des besoins de l'entreprise. Le formalisme apporté par [Jaulent 1992] permet de décrire les activités et la construction d'ontologies[7] pour mettre en avant les informations clés et des outils de restitution [Duribreux & al 2000] [Dieng-Kuntz & al 2004] [Gomez-Perez & al 2004].

2.2.2 La Gestion des Connaissances

Nous abordons la Gestion des Connaissances comme une méthode complète de constitution et de valorisation des connaissances inhérentes au patrimoine informationnel. La gestion des connaissances consiste à "*repérer*, *préserver*, *valoriser* et *actualiser*" les connaissances stratégiques. Nous donnons sur le schéma de la figure II.4 le modèle GAMETH proposé par [Zacklad & al 2001] qui illustre cette organisation d'activités pour obtenir une mémoire d'entreprise robuste, accessible et à jour.

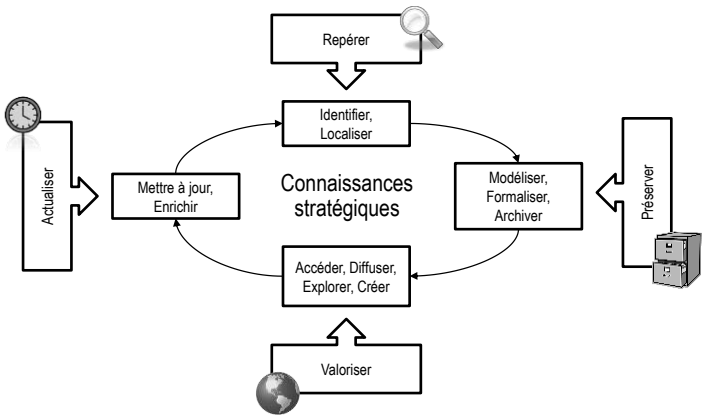


Figure II.4 - La Gestion des Connaissances

Au-delà des aspects constitution et exploitation des connaissances, la Gestion des Connaissances vise, dans une dimension particulière, un avantage de mémorisation (apprentissage des compétences), de partage (meilleure transmission des savoirs) et de création et d'évolution (élaboration de nouvelles richesses) de la mémoire d'entreprise.

Une analyse des méthodes de Gestion des Connaissances appliquées en France distingue trois courants [Barthelme-Trapp & al 2001] : l'Ingénierie des Connaissances, la Mémorisation Continue des Connaissances et la Cartographie des Connaissances.

2.2.3 L'ingénierie des connaissances

L'Ingénierie des Connaissances appartient au segment des *sciences du traitement de l'information* et consiste à l'*explicitation* des connaissances sur un support formel et à une classification de ces supports pour une exploitation antérieure.

[7] Ontologie : langage conceptuel partagé par les communautés de l'entreprise.

Les détenteurs de connaissances restituent leurs savoirs sur des modèles prédéfinis. Cette restitution est généralement réalisée par des entretiens, des comités d'experts ou par une saisie individuelle. Ces trames stockent uniquement des informations. L'expression et la mise en forme des connaissances en informations tangibles nécessitent un important travail d'introspection de la part des experts. La réinterprétation des connaissances et la formalisation des informations suivant un format de stockage adapté permettent de réactiver et de stimuler la mémoire des acteurs pour recréer la connaissance en exploitation.

Plusieurs méthodes sont couramment employées en Ingénierie des Connaissances : IBIS, QOC, CommonKADS, MKSM, MASK… Elaborées pour répondre à des problématiques industrielles, ces méthodes sont établies sur des bases théoriques et ont prouvé leur intérêt par des concrétisations en entreprise.

Mémorisation Continue des Connaissances

La Mémorisation Continue des Connaissances vise la constitution d'une *base* structurée d'informations consolidées par les *expériences* passées. La méthode consiste à formaliser les informations pour mémoriser des connaissances et à gérer la base pour faciliter leur exploitation. Elle repose sur une déclaration spontanée des détenteurs sur un support normalisé. La collecte est réalisée au cours de l'activité et concerne les informations de description de l'expérience : l'*évènement* déclencheur positif ou négatif et la *solution* pratique mise en œuvre.
La mémoire d'entreprise est alimentée de façon autonome par les experts qui peuvent mettre à jour et compléter les informations existantes, décrire de nouvelles expériences sous le contrôle (paramétré) de la base.
L'exploitation est facilitée par l'emploi de trames formelles qui peuvent être consolidées en documents pratiques applicables aux activités *métier.*

Cette démarche de mémorisation continue est réalisée selon des méthodologies appliquées en industrie telles que CYGMA (CYcle de vie et Gestion des Métiers et des Applications) qui représente les connaissances opératoires sous forme d'enchainement d'activités ou les méthodes de REx (Retour d'Expérience).

Cartographie des connaissances

La cartographie des connaissances s'inscrit dans un *pilotage* stratégique des compétences de l'organisation.
La méthode consiste à établir une représentation graphique et descriptive des connaissances détenues par l'entreprise pour les repérer et les localiser. Les domaines de connaissance et les détenteurs d'expertise (humains et matériels) sont identifiés et repérés par des experts. Ces derniers analysent et évaluent la criticité des savoirs pour établir une visualisation des connaissances critiques et cruciales du domaine.
La cartographie révèle les tendances et transforme l'information abstraite en forme visuelle. La connaissance invisible et intangible devient visible (localisée), tangible, concrète et significative.

L'explicitation des connaissances n'est pas considérée puisque l'on ne cherche pas à dissocier l'information de son détenteur.

Parmi les solutions employées pour réaliser des cartographies de connaissances, citons les "*arbres de connaissances"*, [Authier & al 1992], les démarches de "*partage des meilleures pratiques du groupe"* développées par Mac Kinsley, les constructions des cartes de connaissances, les cartes stratégique [Kapkan & al 1996].

Nous avons comparé ces méthodes sur deux critères qui nous paraissent importants : leur niveau d'explicitation (accessibilité de l'information) et leur facilité d'exploitation (visible et utilisable) [Lagouin 2010]. Nous rapportons les résultats de notre analyse dans le Tableau II.2 ci après.

Les approches de l'Ingénierie des Connaissances et de la Mémorisation Continue des Connaissances offrent un appui méthodologique (entretien, trames spécifiques...) aux détenteurs de connaissances pour les activités de création et d'évolution des connaissances.

La connaissance générée par la démarche d'Ingénierie des Connaissances peut être très explicite, la modélisation par le cogniticien permet d'adapter le formalisme aux utilisateurs et d'en faciliter l'exploitation. Par contre, la connaissance issue des expériences reste étroitement liée à leur contexte. Cette connaissance est modélisée par des fiches standardisées nécessitant une lecture confirmée. En cartographie des connaissances, la formalisation est faible ; la démarche consiste à localiser les détenteurs (humains ou matériels) de connaissances et à inviter le destinataire à contacter lui-même la source pour s'approprier les savoirs.

Type de démarche	Ingénierie des Connaissances	Mémorisation Continue	Cartographie
Méthodologie	Entretiens, Réunion	Déclaration spontanée des expériences	Entretiens, Analyses
Objectif	Formaliser les connaissances des experts	Formaliser les expériences en vue de générer des connaissances	Répertorier les connaissances disponibles
Niveau d'explicitation des connaissances	Fort	Moyen	Faible
Facilité d'exploitation	Faible	Fort	Moyen
Modèle	Modèles de connaissances prédéfinis	Fiches de renseignements prédéfinies	Arbre de connaissance

Tableau II.2 - Comparaison des approches de Gestion des Connaissances

Le Retour d'Expérience (connu sous l'acronyme REx) s'inscrit dans le cadre général de la Mémorisation Continue des Connaissances. Cette démarche valorise l'exploitation facile de connaissances objectivées. C'est une méthodologie qui vise à recueillir les éléments de description des expériences au sein de leur contexte par une déclaration spontanée des détenteurs. Nous développerons plus largement les caractéristiques du REx dans le §II.3 et, bien sûr, dans les chapitres suivants.

2.3 LE PATRIMOINE IMMATERIEL DE SAFT

Nous avons établi un état des lieux du patrimoine informationnel de l'entreprise dédié aux informations produit et processus de réalisation.

Le patrimoine immatériel de Saft est riche de par le haut degré de technologie de ses produits mais peu formalisé car la connaissance acquise par les experts *métier* est rarement synthétisée et souvent consignée par "bribes" d'informations ou de résultats, dans les outils ou supports de travail.

Le Service Qualité a engagé un projet de valorisation de sa Mémoire Entreprise.

Pour satisfaire aux standards normatifs des systèmes ISO[8], l'architecture informationnelle est organisée par processus selon la structure définie dans le schéma de la Figure II.5.

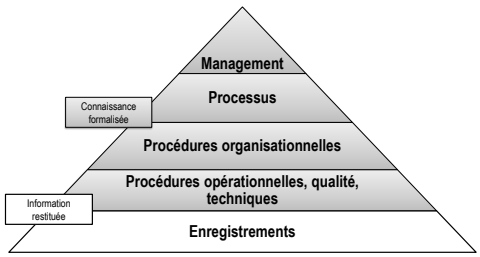


Figure II.5 - Structure informationnelle Saft

L'accès à l'information par le personnel Saft Bordeaux est assuré par des documents à distribution gérée, par des outils de travail ou de consultation via l'intranet.

Les informations relatives aux processus de management et aux processus fondamentaux sont formalisées dans les documents Qualité Système, gérés par la Direction Saft. Elles sont stockées sur le réseau *entreprise*, dans un espace dédié à la stratégie d'entreprise.

[8] ISO : Organisation internationale de normalisation, premier producteur de Normes internationales d'application volontaire.

Les informations relatives aux processus support (procédures) et aux processus de mesure, d'analyse et d'amélioration (enregistrements) retranscrivent les règles *métier* applicables aux activités *métier* pour obtenir un résultat conforme.

Les informations "terrain" relatives aux enregistrements sont les résultats d'activités. Ces résultats son stockés :

. principalement, sur le réseau entreprise dans un emplacement dédié au produit en cours et dans les applicatifs spécifiques, dédiés aux activités techniques ou support transverses,

. occasionnellement, sur des trames papier telles que celles proposées par le Qualité Système ou le WordClass[9], rangées en classeurs ou dans les cahiers personnels de travail des acteurs.

Les données considérées dans notre travail sont les informations relatives aux produits et aux processus de réalisation du produit. Nous nous attachons à décrire les données relatives aux procédures et aux enregistrements.

Le niveau d'expertise des métiers Saft est élevé, de par le niveau d'exigence requis dans le développement et l'expérience acquise au cours du temps (faible *turn-over* des personnels).

Les personnels sont des experts métier, spécialisés sur un segment de développement du produit qui capitalisent naturellement dans leurs activités.

Les informations *terrain* sont peu formalisées, éparses et compartimentées. Une douzaine d'outils applicatifs spécifiques, dédiés à la Technique, sont mis à la disposition des acteurs : ils supportent les activités *métier*. L'information, stockée dans ces outils, est créée et utilisée directement "au fil" des développements.

Nous avons répertorié trois catégories d'outils :

. les outils spécifiques à un *métier* technique : propres à une discipline, ces outils permettent le stockage uniquement des résultats positifs, sans développer les actions relatives aux échecs,

. les outils dédiés à un *métier* transversal (qualité, gestion de projet) : les données enregistrées sur le réseau *entreprise* sont accessibles depuis ces applications. L'espace de stockage partagé est sécurisé et compartimenté par service. Ce réseau est le cœur de partage des informations : chaque acteur peut y sauvegarder ses données, selon ses propres consignes, formalismes et règles,

. les outils de communication orale ou informatique : ce sont les outils les plus utilisés.

Les informations *terrain,* issues des processus manuels, sont formalisées dans des trames documentaires spécifiques à l'activité et dans les documents personnels des acteurs. Rarement partagées au-delà de l'équipe de travail, elles sont stockées par les services émetteurs. Il s'agit des données d'entrée et des résultats d'activités. Les enregistrements sont automatiquement stockés dans l'application suivant un formalisme correspondant à l'outil utilisé et ne font pas l'objet de synthèse restituant la réalisation de l'activité.

Soulignons que certains services de Saft dont notamment les Services WorldClass, Qualité, Technique et Informatique mènent déjà de nombreuses actions indépendantes, pour capitaliser, valoriser et faciliter l'exploitation des informations pertinentes du produit et des processus de réalisation.

2.3.1 Le service WorldClass

Ce service est né de la décision de Saft d'initialiser un projet d'amélioration continue au niveau de la société. Le service WorlClass propose une palette d'outils dédiés à la gestion du *leadership*, des ressources et des processus pour satisfaire la qualité et la performance des produits Saft. Il définit les trames et les outils Saft à utiliser pour traiter les cas concrets dédiés à l'amélioration de la production, des équipements, de l'innovation ainsi qu'aux situations transverses.
Les principes mis en avant sont expliqués aux utilisateurs sur l'intranet de l'entreprise, lieu de stockage des présentations explicatives et des trames au format informatique.

La Direction préconise l'emploi de ces supports méthodologiques.

[9] WorldClass : processus d'amélioration continue de la société Saft. Il vise à promouvoir des outils permettant d'harmoniser, quel que soit le service ou l'individu, les pratiques d'amélioration pour un perfectionnement permanent de la performance et des résultats.

La volonté du WorldClass est d'habituer les acteurs à utiliser ces formalismes pour accompagner la démarche et restituer les résultats. La mise à disposition de ces fichiers informatisés permet d'homogénéiser les formats de restitution et de valoriser la capitalisation.
Cependant, les règles de stockage et de gestion de ces documents restent souvent méconnues. Les utilisateurs n'ont pas le réflexe WorldClass et, par exemple, ils enregistrent bien leurs résultats, dans le formalisme approprié et dans un espace de travail spécifique à l'activité mais ils ne l'exploitent plus par la suite.

2.3.2 La base Qualité

Le Service Qualité assure le groupement des connaissances formalisées de l'entreprise. Il gère l'ensemble des documents relatifs aux connaissances de la pyramide documentaire (cf. Figure II.5). Ces documents contiennent les règles *métier* et système Saft. Ils sont gérés par un circuit de validation qui implique une étape de relecture suivie d'une validation. L'équipe de relecteurs est constituée d'experts du domaine garantissant la valeur technique ; la validation est faite par l'approbation de responsables du domaine et de la Qualité. Cette procédure de validation assure la cohérence, la pertinence et la clarté du contenu du document par rapport aux référentiels normatifs.

2.3.3 Le cas des Normes Saft

Les Normes Saft (NS) sont des documents Qualité auxquels est appliquée une procédure spécifique d'évolution interne. Disponibles sur le réseau entreprise et accessibles par tous les salariés, les NS représentent les "supports" des connaissances *explicites* du site et sont catégorisées suivant leur finalité :

. NS Système : norme décrivant le fonctionnement système Saft ; elles contiennent théoriquement les descriptions des processus Saft, les procédures opératoires et leurs procédés associés,

. NS Technique : norme décrivant le produit ou les méthodes et procédés de conception, de test/contrôle, de fabrication… Ces procédures opératoires contiennent théoriquement des spécifications et des définitions de contrôle.

Ces procédures, spécifications de produit et de procédés et instructions internes à la société, correspondent aux connaissances acquises par l'expertise *métier* et les savoir-faire relatifs aux produits, aux procédés et au système.

Nous considérerons plus en détail les NS Techniques, dédiées au *produit*, dans le chapitre IV.

2.3.4 Le Service Technique

Le Service Technique a développé des outils *métier* dédiés aux aspects techniques et aux métiers transverses pour accompagner les acteurs dans les activités quotidiennes. Le service propose l'utilisation d'outils applicatifs *métier* qui préconisent, d'une part, les règles de réalisation des activités et, d'autre part, des supports partagés pour uniformiser les formalismes de restitution des résultats.

Les outils *métier* sont les applicatifs présentés au §2.3.1, dédiés à l'archivage des résultats techniques et à la diffusion des informations de coopération des activités. Ils guident les activités de réalisation et constituent des espaces de stockage spécifiques et peu partagés pour les résultats et les indications.

Les supports partagés sont des trames documentaires appliquées spécifiquement au Service Technique.

2.3.5 Le Service Informatique site

Le Service Informatique met à disposition de tous les salariés le réseau informatique sous l'explorateur Windows® dédié à l'enregistrement des données de travail. Ce réseau interne est compartimenté par service. Les droits d'accès, de lecture et/ou d'écriture sont attribués par le Service Informatique. La gestion des dossiers est sous la responsabilité des services qui sont libres de définir l'architecture documentaire et les trames spécifiques à employer.

Bien que partagé sur tout le site, cet archivage des informations sur le réseau entreprise n'est pas géré et induit une réticence à l'utilisation en exploitation.

3 LE RETOUR D'EXPERIENCE

Le Retour d'Expérience REx est une pratique ancienne, issue de la volonté de s'améliorer à partir de l'exploitation des expériences passées, qu'elles soient positives ou négatives, avec toutefois une action plus marquée pour celles négatives. Déjà évoquée dans l'ouvrage de Columella "De re rustica" datant du premier siècle et traduit dans [Cuneo 2003], le REx a été depuis mis en œuvre dans de très nombreux domaines. Le Retour d'Expérience est ainsi devenu un standard dans l'industrie ; depuis des générations, les personnes tentent d'appliquer au quotidien les enseignements passés pour améliorer leur quotidien.

Au niveau industriel, cette volonté d'exploiter les expériences passées a été dans un premier temps celle des domaines à haut degré de sécurité. Comme le signale [Wybo & al 2005], "la plupart des accidents ont donné lieu à des correctifs et à de nouvelles règles dont l'objectif était d'aboutir à une plus grande sécurité…". Par exemple, dans l'histoire de l'énergie nucléaire, l'expérience et ses enseignements ont joué un rôle essentiel [OCDE 2006]. Pour le consortium européen Airbus, le Retour d'Expérience est au cœur de l'entreprise et ce, depuis son origine [Gauthey 2008]. Nous pouvons aussi citer les travaux de l'AFPCN (Association Française de Prévention des Catastrophes Naturelles, www.afpcn.org) portant sur la réduction des risques et de leurs conséquences humaines à l'aide d'un meilleur Retour d'Expérience.

Il existe, depuis près de 30 ans, un réel engouement des industriels et des laboratoires de recherche pour le REx, cette approche permettant de s'inscrire dans une logique d'amélioration continue. Ce phénomène s'est accentué à partir des années 2000 avec l'application des normes ISO9001-2000, imposant aux entreprises certifiées de prouver qu'elles s'amélioraient progressivement, la raréfaction des ressources humaines disponibles et compétentes en entreprise et la pression financière nécessitant l'élimination systématique des moindres gaspillages et des réitérations d'erreurs.

Dans un tel contexte, le défi de toute entreprise pour rester compétitive et donc survivre, réside dans sa capacité à capitaliser et à transmettre les savoirs et savoir-faire au sein de son organisation, tout en limitant les énergies engagées.

Toutefois, bien que reconnu et accepté par tous, l'intégration d'un système REx au cœur même des métiers est un vrai challenge et un projet transverse d'entreprise. Trop souvent, des actions isolées sont engagées pour répondre à une demande client (interne ou externe) ou normative, pour tenter de capitaliser en fin d'activité ou d'enregistrer un événement insolite. Ces actions singulières ne permettent pas de faire du Retour d'Expérience robuste car elles sont locales dans le temps et dans l'espace et ne sont pas intégrées à un processus complet.

La dynamique d'évolution des métiers et la complexité des entreprises tant sur le plan organisationnel que humain, accentuent les difficultés à mettre en œuvre et déployer des solutions durables de capitalisation et de transmission des savoirs. Pour aboutir à une conservation et un partage des savoirs *métier* efficients, il est nécessaire de consigner en continu à partir des formalismes génériques les informations riches de sens comme le proposent les principes du REx.

3.1 DEFINITIONS

3.1.1 Retour d'expérience

La littérature est riche en définitions variant suivant le domaine industriel considéré.

Pour Thévenot, par exemple, le Retour d'Expérience est "une façon de garder des traces des incidents et des échecs, des leçons apprises, des faits techniques et des rédactions de document présentant des solutions pratiques de conception" [Thevenot 1997]. Cette première définition met en exergue l'importance de la capitalisation et la formalisation des événements passés, mécanisme indispensable pour permettre la création future de connaissances.

Pour le groupement d'études et de recherche REXAO (Retour d'EXpérience et Apprentissage Organisationnel – www.rexao.org), le REx est : "un outil de management, utilisé par l'encadrement pour identifier les causes de dysfonctionnement par l'analyse des faits (séances de débriefing, interviews, etc.) et pour en tirer des leçons (nouvelles consignes, modifications organisationnelles, etc.)" [Wybo 2009]. Ainsi, la vocation du Retour d'Expérience est bien de créer des connaissances à partir de l'analyse des expériences issues du terrain, le "Gemba" dans les concepts du Lean. Comme le signale C. Beler, "le Retour d'Expérience permet d'étudier un événement avéré, une situation passée afin d'en tirer des enseignements" [Beler 2008].

Dans sa définition du REx, Y. Vérot fait apparaître de manière *explicite* la notion de processus [Verot 2001] : "la démarche de Retour d'Expérience peut être définie comme une démarche organisée et systématique pour :

. analyser toutes les anomalies, tous les incidents et accidents constatés,

. en rechercher les causes et les enchaînements,

. en retirer les divers enseignements,

. définir les mesures de correction et d'amélioration,

. assurer l'information pertinente aux parties intéressées".

Il est à noter que ces premières définitions présentent le REx comme un processus dédié au traitement d'événements négatifs liés à des équipements.

Dans sa définition, R. Bergmann a étendu le champ d'application du Retour d'Expérience à tout type d'activités : "le management de l'expérience est un type de gestion des connaissances qui se restreint aux connaissances issues de l'expérience, c'est-à-dire, connaissance spécifique relative à un contexte particulier de résolution d'un problème. Le management de l'expérience consiste à collecter, modéliser, stocker, réutiliser, évaluer et mettre à jour l'expérience" [Bergmann 2002]. Toutefois, le Retour d'Expérience présenté est toujours lié à la résolution de problème, c'est-à-dire à des événements négatifs, mais comme le précise [Wybo & al 2003] "toujours comme une source de progrès des organisations".

Bien que présentant les mêmes caractéristiques communes, la définition proposée par le Département de l'Energie (Department of Energy) aux Etats-Unis comporte une dimension nouvelle, la capitalisation à partir d'événement positif [Bickford 2000] : "une leçon acquise est une bonne pratique ou une approche innovante qui est capturée et partagée afin d'encourager sa réutilisation. Une leçon acquise peut également représenter un mauvais fonctionnement ou une expérience qui est capturée pour en éviter la récurrence".

Au travers de ces définitions, le REx apparaît clairement comme un processus à part entière permettant de créer des expériences en vue de générer des bonnes pratiques ou d'éradiquer la réitération des erreurs passées. Comme le précise Auboyer [Auboyer 2009], conduire ce processus nécessite la mise en place d'un "plan de management spécifique" en vue de répondre à la finalité du REx qui est le "gain à tirer de la connaissance a priori, du résultat d'une action déjà vécue, moyennant la connaissance du contexte" [Leroy 2001].

A partir de ces définitions et des nombreux travaux réalisés au sein du Laboratoire de génie de Production de l'ENI de Tarbes depuis 2001, nous proposons la définition suivante [Clermont & al 2007] :

"Le Retour d'Expérience est une démarche structurée de capitalisation et d'exploitation des informations issues de l'analyse d'événements positifs et/ou négatifs. Elle met en œuvre un ensemble de ressources humaines et technologiques qui doivent être managées pour contribuer à réduire les répétitions d'erreurs et à favoriser certaines pratiques performantes".

Le Retour d'Expérience constitue ainsi une démarche qui permet de capitaliser la richesse immatérielle de l'entreprise en vue de fiabiliser ses développements et productions.

Une autre notion clé dans nos travaux est l'expérience. Il convient donc de la préciser.

3.1.2 Définition de l'expérience

D'après le Larousse [Larousse 2012], une expérience est "une pratique de quelque chose, de quelqu'un, épreuve de quelque chose, dont découlent un savoir, une connaissance ou une habitude". Ainsi, dans le langage courant, la notion de connaissance "future" issue d'une pratique est adossée à l'expérience.

Le CNRTL (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales - http://www.cnrtl.fr) définit l'expérience comme "un fait observé ou vécu" constituant une épreuve destinée à étudier des phénomènes en vue d'en extraire des connaissances pratiques. Une caractéristique commune et générique à toutes ces définitions et bien d'autres, est la notion de "connaissance future". En effet, a priori, une expérience ne constitue pas en elle-même une connaissance. Toutefois, son analyse par des acteurs expérimentés hors contexte, c'est-à-dire, une fois l'activité terminée, peut conduire à la création d'une connaissance nouvelle.

C'est cette vue de l'expérience que nous allons employer dans la suite de nos travaux.

Dans le monde industriel, l'expérience est bien souvent perçue comme un "événement avéré et surgi comme un problème à traiter au sein d'un système" [Pecaud 2004]. En effet, bien souvent la notion d'événement négatif est adossée à l'expérience.

D'après Renaud [Renaud 2008] l'expérience est "une interprétation de ce qui a été perçu du processus (ou de l'activité) de travail". Dans cette définition, l'auteur ne précise pas la nature de l'événement, il peut donc être positif ou négatif. De plus, il précise qu'une expérience est le résultat d'un processus. Enfin, il apparait un élément nouveau et particulièrement pertinent : l'expérience et sa perception sont propres à chacun ; une expérience comporte une part d'interprétation pouvant avoir des conséquences plus ou moins importantes sur la capacité à faire face ou à bonifier l'événement. A un même événement et processus, peuvent donc découler plusieurs expériences, en fonction de la personne considérée. Pour réduire ces variations d'interprétation et extraire de chaque expérience les informations pertinentes, il conviendra de fournir aux acteurs des trames de restitution et de préciser une approche factuelle.

A travers ces définitions, nous percevons plusieurs notions relatives à une expérience :

. l'événement déclencheur, pouvant être à caractère négatif ou positif et son contexte d'apparition,

. le processus de traitement mis en œuvre pour répondre à cet événement avec les rôles afférents à chaque acteur ; si ce processus est formel (objet d'une procédure), alors ces éléments correspondent à une connaissance *explicite* et/ou à un savoir-faire,

. les analyses, les solutions proposées et les critères de choix pour comprendre l'événement et identifier une réponse adaptée,

. le déploiement sur le terrain des réponses avec les plannings correspondants,

. le résultat de ce processus, c'est-à-dire les performances obtenues suite à la mise en œuvre des réponses.

Pour caractériser une expérience Ei, Chebel-Morello dans son ouvrage [Chebel-Morello 2008] propose un vecteur de l'expérience composé de trois champs : le contexte Ci décrivant le problème, les analyses Ai menées et la solution Si mise en œuvre :

Ei = {Ci, Ai, Si}

Toutefois, il nous semble nécessaire de compléter ces champs. Dans ses travaux, H. Jabrouni intègre une caractéristique supplémentaire à l'expérience [Jabrouni 2012]. En plus du contexte d'apparition de l'événement déclencheur, de l'analyse des causes origine de l'apparition et de la ou des solutions établies pour faire face ou répondre à l'événement, il propose de prendre en compte les leçons que l'on peut en extraire, c'est-à-dire la connaissance future. H. Jabrouni propose aussi une modélisation à l'aide d'un graphe conceptuel de l'expérience (cf. figure II.7) montrant les dépendances entre les niveaux et le processus global de constitution.

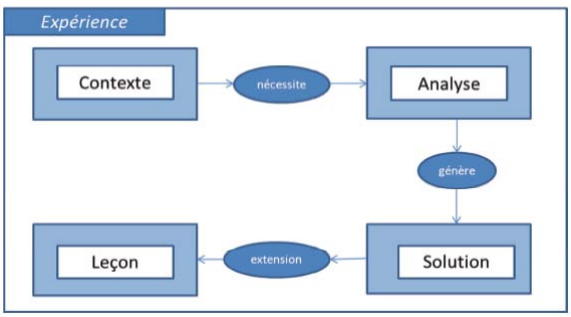


Figure II.6 – Modélisation d'une expérience

En ce qui concerne nos travaux, nous proposons une caractérisation de l'expérience en six champs avec en compléments le processus engagé Pi, le déploiement Di et le résultat obtenu Ri. Nous n'avons pas retenu le champ Leçon car, dans notre perception du REx, la leçon est établie, d'une part, ultérieurement et, d'autre part, à partir d'une ou de plusieurs expériences.

Ainsi, nous considérons que le vecteur d'une expérience Ei est caractérisé par les 6 champs : Ei = {Ci, Pi, Ai, Si, Di, Ri}.

Ces six champs sont renseignés, dans une forme plus ou moins détaillée, par les acteurs suivant les outils de formalisation mis à leur disposition, leur compétence mais aussi leur perception et leur sensibilité. Ainsi, une expérience comporte :

. des caractéristiques formelles (processus mené, formalisme de restitution employé, analyses réalisées, solutions engagées…) qui correspondent pour certaines à des connaissances explicites,
. des caractéristiques subjectives (événement déclencheur, objectifs à atteindre, résultats obtenus..) qui correspondent à des informations [Faure 2000].

Face à ces différents éléments, nous avons considéré une expérience comme :

la réponse à un événement déclencheur, positif ou négatif, rassemblant l'ensemble des informations générées, permettant de caractériser ce qui s'est passé depuis l'apparition de l'événement jusqu'à la vérification des performances obtenues, et des connaissances explicites employées pour construire la réponse appropriée à l'événement.

3.1.3 L'expérience source de connaissance

Comme nous venons de le montrer, l'expérience comporte une part de connaissances *explicites* (méthode de travail engagée), des informations formelles relatives à la construction de la réponse à l'événement déclencheur et des informations subjectives représentant le ressenti des acteurs. La finalité même du REx est d'exploiter cette expérience formalisée pour élaborer la connaissance future, ce qui permet ainsi de pallier les difficultés d'extraction directe des connaissances [Rakoto 2004]. En effet, la formalisation "directe" des connaissances, c'est-à-dire non contextualisées, nécessite un niveau d'abstraction considérable et un niveau d'expertise élevé qui implique une forte mobilisation des experts. En revanche, en partant d'un événement vécu, les acteurs restituent plus facilement les événements, les méthodes de travail employées et les décisions prises. Les connaissances extraites de ces expériences constituent alors des connaissances pratiques ou empiriques.

Ainsi, l'expérience constitue un palier intermédiaire dans l'élaboration de la connaissance (cf. Figure II.7).

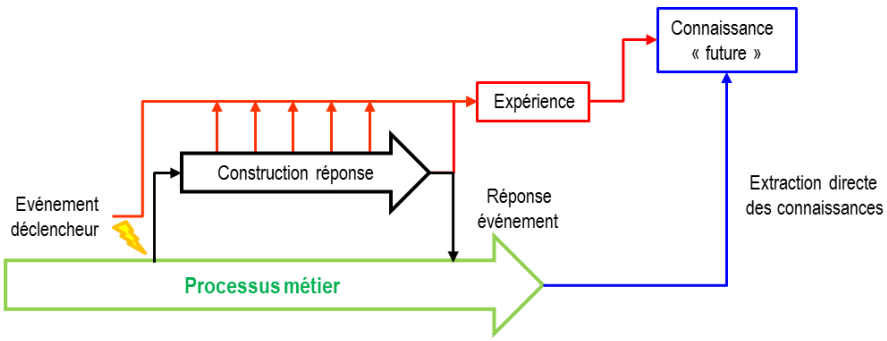


Figure II.7 - L'expérience, un palier pour élaborer la connaissance

Nous considérons bien sur ce schéma que l'événement déclencheur est l'apparition d'une perte ou d'un gain de performance au niveau d'un processus métier. Cette détection engage alors un processus visant à développer une réponse adaptée, à partir duquel est créée l'expérience. Ce processus "Construction de réponse" correspond souvent à un processus :

. de résolution de problème, type PDCA ou 8D dans le cas d'un événement négatif,
. d'audit, type audit de clôture de projet [Gray & al 2011] dans le cas d'un événement positif identifié a posteriori.

3.1.4 L'événement déclencheur

Dans [Larousse 2012], un événement est défini comme "un phénomène considéré comme localisé et instantané, survenant en un point et à un instant bien déterminé". A la différence d'un risque, un événement est avéré et a été repéré dans le temps et dans l'espace. Dans la norme NF EN 1050 [AFNOR 2012] relative à la maîtrise des risques, un événement déclencheur est un "événement susceptible de causer un dommage". Nous retrouvons bien dans cette définition l'aspect négatif de l'événement, en lien direct avec la thématique des risques.

Comme nous l'avons précédemment signalé, un événement peut avoir un impact négatif sur le respect des objectifs et l'atteinte des performances visées, mais aussi positif. Nous retrouvons ce double aspect positif et négatif dans la définition des risques dans un projet. En effet, d'après [AFITEP 2010], un risque est un "événement incertain pouvant avoir un impact négatif (menace) ou positif (opportunité) sur l'atteinte des objectifs du projet". Dans notre contexte d'études, l'événement est certain (avéré) et l'objectif au travers du Retour d'Expérience sera de capitaliser des événements :

. positifs, c'est-à-dire ayant conduit à un succès constaté, en vue d'en déduire des bonnes pratiques à réitérer. On parlera alors de Retour d'Expérience positif,

. négatifs, c'est-à-dire des problèmes subis, en vue d'éradiquer les causes origine par la mise en place de solution corrective (action visant à supprimer la cause origine du problème détecté ou de ne plus y être sensible) et de corriger les effets à l'aide d'actions curatives. On parlera alors de Retour d'Expérience négatif.

D'après Aubrey [Aubry 2007], une autre caractéristique clé de l'événement est son "potentiel d'apprentissage", c'est-à-dire le potentiel de l'expérience à créer, au final, une connaissance future pertinente. D'après [Wybo & al 2005], ce potentiel d'apprentissage est fonction de deux critères évalués sur une échelle qualitative à trois états (faible, moyen ou fort) :

. l'impact ou la gravité des conséquences de l'événement sur l'atteinte des objectifs ou les performances du système ou processus considéré,

. la nouveauté de l'événement lui-même, les conséquences engendrées avec la prise en compte des effets domino et son mode de gestion ou de traitement.

A l'aide de ces deux critères, l'auteur propose une classification des événements en trois niveaux (cf. figure II.8) avec un engagement plus ou moins fort de moyens de capitalisation des informations.

Il est à noter que la classification des événements pour en déduire le potentiel d'apprentissage a été proposée dans le cadre plus global de la maîtrise des risques (aspect négatif). Elle est donc bien adaptée pour réaliser un REx *a posteriori* (cf. §II.3.3), c'est-à-dire une fois que le processus de traitement de l'événement a été clôturé et que les performances des solutions curatives et correctives ont été vérifiées. Dans le cadre d'un Retour d'Expérience *a priori* (cf. §II.3.3), c'est-à-dire avec une capitalisation dès l'apparition de l'événement, la classification est moins pertinente et le critère "nouveauté" correspond alors à la fréquence d'occurrence de l'événement. Nous retrouvons alors une classification similaire à celle proposée dans des méthodes telle que l'AMDEC. Toutefois, ce critère "nouveauté" peut permettre, à la fin du processus de traitement d'évaluer le potentiel d'apprentissage, non pas de l'événement mais de l'expérience consignée. De plus, en considérant l'opposé de la gravité, c'est-à-dire le succès, il est possible d'évaluer les expériences positives. La grille d'évaluation obtenue est présentée sur le schéma de la figure II.8.

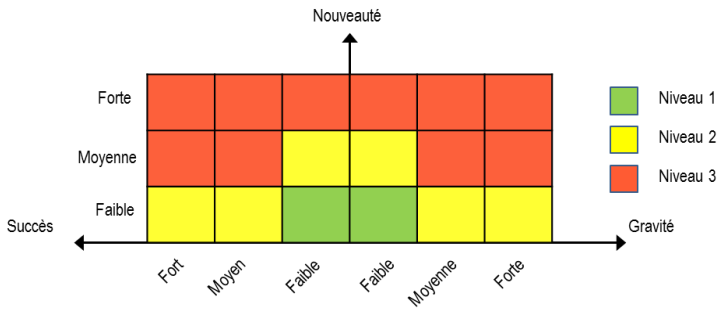


Figure II.8 – Grille de classification des expériences inspirée de [Wybo & al 2005]

3.2 LES GROUPES DE RETOUR D'EXPERIENCE

Différents groupes de travail industriels et institutionnels ont été formés par secteurs d'activités pour partager leurs savoir-faire et leurs écueils.

Un premier exemple est le *GESIP* (Groupe d'Etudes de Sécurité des Industries Pétrolières et Chimiques, www.gesip.com) qui travaille pour la sécurité des sites industriels. Rassemblés dans une association de loi 1901, les

membres, œuvrent ensemble pour faire continuellement progresser la sécurité des personnes et des installations dans un respect affirmé de l'environnement. Prônant le partage des expériences et des connaissances techniques, le GESIP est un interlocuteur privilégié et un appui technique pour les administrations et les professions présentes au sein du GESIP.

Un autre groupe intéressant est l'ISCI (Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, www.icsi-eu.org). Créé en 2003 suite à l'accident d'AZF à Toulouse (2001), l'ISCI a pour vocation d'acquérir et de partager une culture de sécurité à tous les niveaux de la société. S'intéressant directement à l'application des principes du REx, l'ICSI a illustré ses multiples facettes et leur mise en œuvre dans un état des lieux sur les pratiques en milieu industriel [Gauthey, 2008]. L'ICSI, composé de laboratoires de recherche et d'industries, est devenu un pôle de compétences reconnu proposant plusieurs ouvrages sur les pratiques du Retour d'Expérience dans différentes industries [Mbaye 2010] et sur les facteurs de succès industriels [Gaillard 2008] ou socio-culturels [FONCSI 2008].

Comme présenté en début de paragraphe, l'AFPCN (Association Française de Prévention des Catastrophes Naturelles, www.afpcn.org) est un autre groupe rassemblant des organismes gouvernementaux français, des associations publiques et privées, des entreprises et des laboratoires et écoles qui œuvrent ensemble pour la réduction des risques naturels à l'aide du Retour d'Expérience. L'AFPCN est à l'origine de plusieurs publications relatives à l'analyse de catastrophes passées en vue d'en extraire des leçons, comme par exemple [Etienne 2012] ou [AFPCN 2007] et de différentes conférences (liste disponible sur le site).

Nous devons aussi citer le groupement d'études et de recherche sur le Retour d'EXpérience et Apprentissage Organisationnel REXAO créé en 1999 par le pôle Cindyniques de l'Ecole des Mines de Paris (www.rexao.org). Composé de laboratoires de recherche, de partenaires publics et privés, d'industriels et des services de l'Etat, le groupe REXAO développe le Retour d'Expérience pour améliorer la gestion des risques, d'accidents et de crises. Les nombreux travaux ont débouché sur une démarche de Retour d'Expérience, baptisée REXAO [Wybo & al 2003], dédié à l'analyse des événements (cf. figure II.9).

Enfin, nous pouvons aussi citer le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-gestion-du-retour-d-experience.html). Créé en 1992 par le ministère chargé de l'Environnement, au sein de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (aujourd'hui la Direction générale de la prévention des risques), le BARPI est une structure spécifiquement chargée du Retour d'Expérience avec trois missions principales : centraliser et analyser les données relatives aux accidents, pollutions graves et incidents significatifs, constituer un pôle de compétences en matière de prévention des risques technologiques et assurer la diffusion des enseignements tirés au travers de la base de données ARIA (Analyse Recherche et Information sur les Accidents - http://aria.developpement-durable.gouv.fr).

Il est à noter que la majeure partie des actions présentées exploitent les principes du Retour d'Expérience pour analyser les risques *a posteriori* et prévenir leur apparition ou réduire leur impact à différents niveaux de la société.

Au niveau industriel, le Retour d'Expérience fait aussi l'objet de nombreux travaux, notamment sur la thématique d'amélioration continue et son management en entreprise. L'organisme AFNOR a ainsi constitué une équipe regroupant de grands groupes comme Dassault Aviation, EDF GDF, La Poste ou encore la SNCF pour établir une description et des recommandations pour la mise en œuvre du processus de capitalisation d'expérience. Ces travaux font l'objet d'une publication rassemblant les recommandations en matière de pratiques liées au Retour d'expérience [AFNOR 2000].

EADS AIRBUS SA, France, a mis en place depuis plusieurs années maintenant le processus MERE (Management / Memorisation of Experience and Requirements Elaboration) dont la vocation est d'élaborer et de gérer les « leçons acquises » à partir de l'expérience issue des incidents en service [Branet 1996]. L'objectif recherché est d'améliorer les performances des processus de développement des avions et leurs performances en exploitation.

Dans le domaine de l'automobile, les constructeurs ont développé leur propre approche du Retour d'Expérience. Par exemple, Renault a développé le système MEREX pour Mise en Règle de l'Expérience qui est une démarche de capitalisation des connaissances relatives aux problèmes techniques en vue d'en extraire les "meilleures" solutions en conception [Corbel 1997]. Comme le signale, B. Ferchaud, cette méthode "repose sur un support très simple, des fiches tapées sous Word qui formalisent des solutions déjà éprouvées et capitalisées suite à des corrections d'erreurs ou à des

best practices démontrées" [Ferchaud 2001]. La méthode MEREX correspond donc à un REx positif. Il est à noter que le formalisme d'explicitation de l'expérience est en général, un dessin technique.

L'entreprise COGEMA du domaine des combustibles nucléaires a mis en place une organisation REx-FIAB [Delahaye 1996] permettant d'assurer les objectifs de sûreté et de qualité des équipements. L'application permet d'évaluer les états de fiabilité de familles d'équipement pour les modes de défaillance et les taux de réparation considérés.

Ces nombreuses démarches attestent de l'émergence forte de la thématique du REx à tous les niveaux de la société, constituant un réel challenge pour les entreprises, quel que soit le secteur ou la taille. Bien que différents par leur finalité et par les moyens de leur mise en œuvre, ces modèles ou démarches REx présentent de grandes similitudes : la réutilisation des expériences passées en vue de créer des connaissances futures, ce qui constitue l'enjeu majeur des quinze prochaines années.

3.3 TYPE DE RETOUR D'EXPERIENCE

Dans le paragraphe 3.1, nous avons proposé une première différenciation du REx en fonction de la nature, positive ou négative, de l'événement déclencheur. Une autre différentiation importante porte sur le type d'information capitalisée. En effet, d'après H. Jabrouni, il existe trois types de Retour d'Expérience "statistique, cognitif et de crise" [Jabrouni 2012]. Toujours d'après l'auteur, ces niveaux se distinguent par trois caractéristiques :

. le nombre d'informations traitées,
. la gravité de l'événement déclencheur,
. le niveau d'expertise engagé dans le processus de traitement.

Le type statistique correspond au niveau élémentaire du Retour d'Expérience dans lequel est capitalisé un nombre important d'informations brutes visant à établir des statistiques et des tendances d'évolution. Les mesures réalisées dans le cadre d'action de sûreté de fonctionnement en sont un exemple type.

Le type cognitif correspond principalement à des actions correctives mises en œuvre pour faire face à un événement assigné. Ces actions nécessitent l'engagement d'experts pour élaborer une réponse adaptée. Nous retrouvons dans ce type de Retour d'Expérience les items permettant de caractériser et de construire une expérience.

Le dernier type, le Retour d'Expérience de crise, correspond à la réponse à un événement grave qui, par nature, est peu fréquent et avec une forte gravité. Les processus mis en œuvre pour capitaliser les informations et en déduire de nouvelles règles sont issus des travaux sur la maîtrise des risques et des catastrophes naturelles, telle que la méthode REXAO [Wybo & al 2003]. Il est à noter que dans ce cadre, le Retour d'Expérience est réalisé *a posteriori*, c'est-à-dire une fois la crise terminée.

Nous avons défini un autre critère de différenciation des REx, fonction du moment ou de la période de capitalisation.

Deux situations sont distinguées.
La première situation consiste à capitaliser l'expérience en fin de processus de construction de la réponse lors de réunions rassemblant les principaux acteurs ou à l'aide d'audits. Ce mode de capitalisation, baptisé *a posteriori* est couramment employé en entreprise. Il constitue une bonne base pour commencer à s'inscrire dans une logique d'amélioration continue mais est insuffisant pour réellement faire un Retour d'Expérience efficient. En effet, à la fin du processus, les acteurs ont d'autres préoccupations ou priorités et beaucoup d'informations sont perdues involontairement car peu importantes à leurs yeux ou volontairement pour ne pas engager leur crédibilité (événement négatif).

La deuxième situation consiste à capitaliser les informations au fur et à mesure des investigations. Dès les premières actions de déclaration de l'événement déclencheur, l'information est consignée et l'expérience est ainsi construite en même tant que la réponse à l'événement. Ce deuxième mode est plus difficile à mettre en œuvre car, d'une part, il nécessite une implication plus forte des acteurs et ce, durant tout le processus de construction de la réponse et, d'autre part, l'information pertinente, porteuse de sens, est difficile à identifier. Nous avons illustré sur les schémas de la figure II.9 ces deux types de Retour d'Expérience.

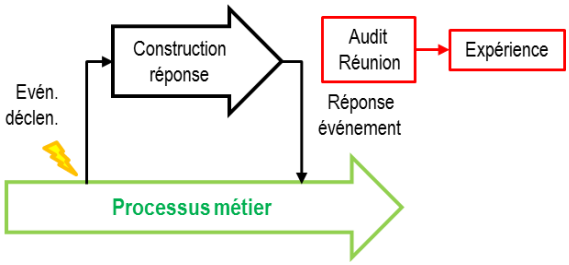


Figure II.9 a – REx *a posteriori*

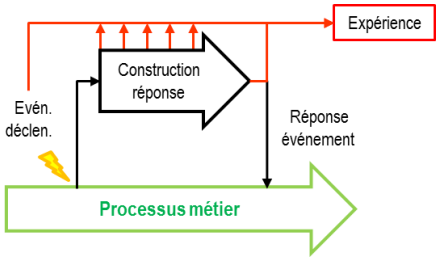


Figure II.9b – REx *a priori*

Figure II.9 - Période de capitalisation

Dans le cadre de nos travaux, nous mettrons en œuvre un Retour d'Expérience *a priori*. En effet, notre objectif est de construire une expérience suffisante en vue d'en extraire des connaissances *métier* pertinentes et cognitives qui correspondent au type le plus couramment employé en entreprise pour valoriser le patrimoine immatériel.

3.4 CONSTITUTION D'UN PROCESSUS REX

Comme nous l'avons précédemment présenté dans les définitions, le Retour d'Expérience est avant tout un processus complexe et complet. Bien que certaines méthodes se limitent à la capitalisation et la réutilisation d'informations, comme dans les REx statistiques, nous préconisons un processus REx constitué de trois phases :

. la capitalisation de l'expérience,
. le traitement : analyse d'une ou de plusieurs expériences significatives en vue de créer une connaissance *métier* nouvelle,
. l'exploitation : diffusion des informations consignées dans les bases Expériences et Connaissances aux personnes concernées.

Nous illustrons ce processus REx sur le schéma de la figure II.10. Cette organisation du processus REx est inspirée des travaux de H. Rakoto [Rakoto 2004] menés au LGP de l'ENI de Tarbes.

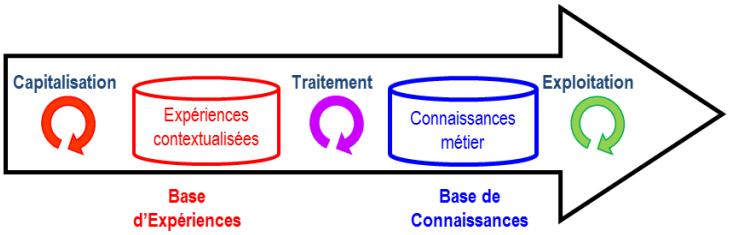


Figure II.10 – Processus REx et ses trois phases

Apparemment liées dans un processus unique, ces trois phases sont réalisées à des instants différents.
Si nous couplons les figures II.7 et II.9, nous obtenons le schéma de la figure II.11 illustrant les interactions entre :

. le processus *métier* qui est à l'origine de l'événement déclencheur,
. le processus de construction de la réponse visant à établir le vecteur "expérience" et ses six champs. Il constitue la principale source de capitalisation,
. le processus de traitement visant à transformer les expériences en connaissances nouvelles,
. la mise à disposition d'un processus *métier* des expériences et connaissances consignées.

Notons que le processus origine de la capitalisation et le processus utilisateur des informations peuvent être différents.
Il apparaît ici une nouvelle différenciation du Retour d'Expérience : un Retour d'Expérience peut être développé pour une exploitation en local ou en global. En local, les informations sont exploitées par les processus origine de la capitalisation (processus *métier* et construction de réponse). Il s'agit alors de processus source. En global, les informations capitalisées sont exploitées par d'autres processus *métier* de l'entreprise. Il s'agit alors de processus consommateur.

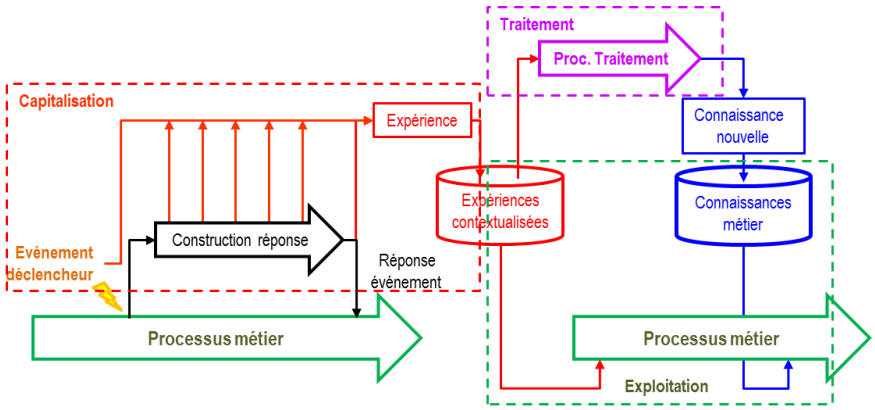


Figure II.11 – Articulation du REx avec un processus métier

Il est à noter que l'acteur en tant qu'homme est présent à toutes les phases du processus REx. En renseignant les supports de déclaration, il est producteur de l'expérience en transformant des expériences en connaissance nouvelle à partir de ses propres connaissances et compétences du métier, il est créateur et en exploitant les informations consignées pour traiter le cas courant, il est consommateur des résultats du REx.

3.4.1 La phase de capitalisation

Cette première phase, incontournable pour tout REx, vise à capitaliser les données et informations pertinentes et en quantité suffisante pour créer une expérience *métier* complète. Comme le signale [Barthelme-Trapp & al 2001], de multiples informations peuvent être stockées et il ne faut conserver que celles qui permettront de réactiver ou de stimuler les connaissances et, ce, quel que soit le type de Retour d'Expérience.

La phase de capitalisation consiste à localiser, à collecter et à stocker les données qui caractérisent l'expérience liée à l'évènement et à la construction de la réponse.

Localisation

La localisation vise à identifier dans le processus *métier* origine de l'événement et dans le processus de construction de la réponse, les données pertinentes, c'est-à-dire celles nécessaires et suffisantes pour pouvoir établir une expérience complète et potentiellement utile. L'ensemble de ces informations doivent permettre de construire le vecteur expérience et concernent donc les six champs précédemment définis (cf. §II.3.3.1) : contexte, processus, analyses, solutions, déploiement et résultats.

D'après [Matta & al 2008], il existe deux approches pour localiser les informations :

. l'observation qui consiste à réaliser des plans d'expérience ou des analyses fonctionnelles visant à localiser les sources potentielles d'informations pertinentes ou critiques et, de ce fait, utiles à la création de connaissance,

. l'interrogation directe des sources d'informations de l'entreprise. Ces sources de connaissance peuvent être les experts *métier* des processus source mais aussi les documents de travail, les bases de données techniques ou tout autre élément détenant des informations formelles.

Ces deux approches sont complémentaires et permettent de repérer, d'estimer et d'évaluer les informations potentiellement source de connaissance future. Toutefois, dans nos travaux, de par le niveau de compétences des experts *métier* de Saft et de la qualité des supports de restitution, nous avons privilégié l'interrogation directe des sources d'informations.

Collecte

La collecte consiste à consigner les informations localisées sur un support papier ou informatique à l'aide d'un formalisme spécifique. Pour collecter ces informations, il existe deux principales méthodes : soit une interview directe de l'expert à l'aide d'un cogniticien, soit la mise à disposition des acteurs, des trames de restitution.

L'entretien animé par un cogniticien ou un auditeur permet de recueillir directement les informations détenues par les experts métier, de les formaliser et de les transférer sur un support explicite. Toutefois, cette méthode est chronophage et consommatrice en ressource humaine.

La deuxième méthode vise à favoriser la saisie instantanée des informations localisées en cours de processus en proposant aux acteurs *métier* des supports de restitution pré-formatés. Cette méthode nécessite un réel travail d'introspection pour élaborer des trames suffisantes en termes de quantité et de qualité, sans être trop contraignantes. Toutefois, leur emploi favorise le caractère spontané et autonome de la restitution. De plus, ces supports constituent à la fois un guide de travail (aspect structurant) et un outil de déclaration officielle des résultats. De plus, cette deuxième méthode, moins intrusive et moins chronophage que la première permet de réaliser une capitalisation en continu, c'est-à-dire un REx *a priori*. Dans la suite de nos travaux, nous avons privilégié ce mode de collecte.

Enfin, il est nécessaire d'instaurer des droits d'enregistrement des informations dans la base de données commune afin de s'assurer de la validité des informations consignées.

Stockage

Le stockage consiste à rassembler les informations dans une base de données commune accessible à tous les acteurs impliqués dans les processus consommateur et source. Un point clef est l'organisation et la structuration logique des données afin d'en faciliter le partage, la recherche et la gestion. Il est aussi important d'homogénéiser les termes employés lors des restitutions pour organiser correctement le volume d'informations capitalisées et, surtout, en faciliter l'exploitation. Ce dernier point est essentiel car si les expériences consignées ne sont pas facilement identifiables, elles ne seront pas employées par les acteurs *métier* en support de leur prise de décision et, de ce fait, tous les efforts engagés pour capitaliser ces informations seront inutiles. L'emploi d'ontologies et de métadonnées constitue des solutions pour répondre à ces problèmes de structuration et d'homogénéisation [Gruber, 1993].

Difficultés

Nous avons relevé plusieurs difficultés relatives à la mise en œuvre et à l'application de la capitalisation.
Tout d'abord, l'analyse préliminaire complète des processus source est indispensable pour éviter de s'encombrer de données inexploitables ou inutiles et pour définir une trame de restitution adaptée au *métier* et assimilable par les acteurs métier.

Ensuite, la base de données commune est souvent difficile à mettre en place en entreprise, où il existe plusieurs bases de données non interconnectées pour le même service ou le même processus.

Enfin, la création d'un vocable unique est un travail complexe souvent objet de conflits et de multiples réunions d'experts peu disponibles.

Cette première phase du Retour d'Expérience vise à caractériser chaque expérience par un vecteur à six champs tel que nous l'illustrons sur le schéma de la figure II.12.

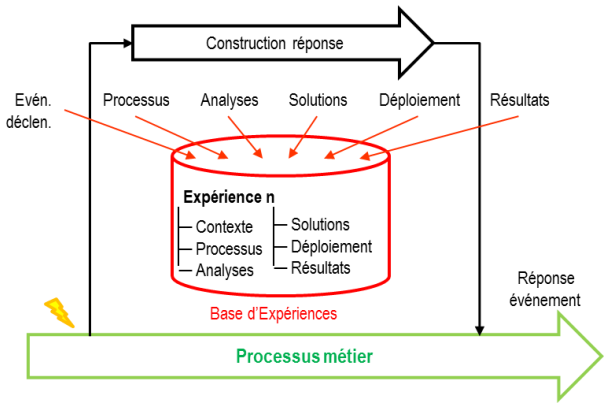


Figure II. 12 – Phase de capitalisation

Elle constitue le fondement même du REx [Bertin & al 2012b] : "si les informations capitalisées sont insuffisantes et/ou non pertinentes, il sera impossible de générer des connaissances utiles. La localisation des données à collecter est donc une action majeure".

3.4.2 Phase de traitement

Le processus de traitement est la seconde phase du REx. Son rôle est de généraliser certaines des expériences consignées, c'est-à-dire de transformer des vecteurs de données éparses en connaissances *métier* exploitables dans les processus source ou consommateurs. Signalons immédiatement que la génération de connaissances est une processus formel qui engage l'implication d'experts d'horizon différent capables, d'une part, d'appréhender la qualité, la pertinence et l'exhaustivité des vecteurs expérience et, d'autre part, d'évaluer en local et en global la pertinence et le périmètre d'emploi des connaissances générées. Ces connaissances formelles sont souvent exprimées sous forme de règle, d'équation, de procédure ou d'instructions de travail, c'est-à-dire avec un formalisme précis et des termes spécifiques. De plus, comme nous l'avons déjà précisé, les hommes sont au cœur de ce processus et l'objectif n'est pas ici d'automatiser à l'aide d'un système expert, la création de connaissance.

Les tâches clés sont l'analyse, l'interprétation, la synthèse des informations et la formalisation des connaissances. Le traitement génère des connaissances *explicites* sous forme de données exploitables, de documents de communication ou de règles et procédures applicables.

Formalisation

Après avoir été créées, les connaissances doivent être formalisées, c'est-à-dire mises sous une forme spécifique, assimilable par les acteurs *métier* œuvrant dans les processus consommateurs impactés. L'objectif n'est pas de créer des connaissances exclusivement compréhensibles par certains experts mais bien de consigner les connaissances dans des modèles compréhensibles par les acteurs *métier* concernés, qu'ils soient cadres, techniciens ou opérateurs. Les techniques de formalisation font d'ailleurs l'objet de nombreux travaux de recherche. Nous trouvons notamment les processus classiques : les modèles prescriptifs (ou normatifs) et les modèles descriptifs (ou cognitifs) [Brunel & al 2008] qui impliquent un raisonnement appliqué à des informations facilement interprétables. Les approches par ontologie permettent de réaliser des modèles conceptuels partagés par une communauté définie [Kamsu & al 2008]. D'autres méthodes plus formalisées comme MKSM [Ermine & al 1996] ou MASK [Ermine 2000] sont des analyses descriptives visant à définir un cadre pour la formalisation des connaissances de l'entreprise.

Enfin, les connaissances doivent être "versionnées" afin d'assurer le suivi de leurs évolutions. Plusieurs travaux traitent du *versioning* suivant différents critères comme la conservation de l'historisation des données, la cohérence des analyses, la complexité de la mise en œuvre… dont une analyse complète est proposée dans [Favre & al 2008].

Difficultés

La complexité du traitement réside dans l'assurance d'analyser et de partager des informations pertinentes, en quantité raisonnable mais exhaustives. Le groupe de travail constitué est une association d'experts reconnus dans le domaine concerné qu'il est souvent difficile de rassembler de par leurs multiples contraintes de planning.

Le formalisme employé doit permettre de décrire une connaissance adaptée à chaque métier.

L'évolution des connaissances doit être minutieusement gérée et suivie pour assurer une mise à jour des versions.

Enfin, les limites de ce processus sont la perte potentielle d'informations et l'adéquation du niveau d'explicitation à retranscrire pour assurer la compréhension des acteurs *métier* ciblés.

Ainsi, la phase de traitement illustrée par le schéma de la figure II.13 vise à généraliser une ou plusieurs expériences afin d'élaborer une connaissance nouvelle ou de la mettre à jour, connaissance qui doit être directement exploitable par des acteurs *métier* ciblés.

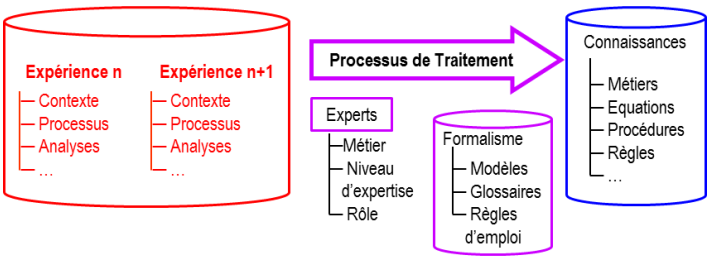


Figure II. 13 – Phase de traitement

3.4.3 Phase d'exploitation

La dernière phase du Retour d'Expérience doit permettre aux acteurs d'accéder facilement aux connaissances et aux expériences en vue de favoriser l'emploi de bonnes pratiques, d'éviter de réitérer des erreurs passées et de les aider ainsi à prendre des décisions fiables. Pour répondre à cet objectif ambitieux, il est nécessaire de filtrer les informations de la base de données commune (base REx) afin de mettre à disposition seulement celles relatives au *métier* considéré et pertinentes par rapport au cas courant. Bien que la finalité du Retour d'Expérience soit de permettre aux acteurs d'utiliser les informations capitalisées, cette phase est souvent mal prise en compte et/ou mal réalisée dans les entreprises : les informations n'arrivent pas aux personnes concernées et leur exploitation est difficile [Aha & al 2001], [Barthelme-Trapp & al 2001]. Ainsi, les solutions mises en œuvre pour la phase l'exploitation doivent rendre l'utilisation de la base REx indispensable et pratique.

Un travail préalable à la mise à disposition d'informations utiles est l'analyse des besoins des acteurs dans leur *métier* afin de réduire le volume accessible et de donner un accès aisé tout en contrôlant les droits. Il faut aussi autoriser les acteurs à pouvoir rechercher d'autres types d'informations, notamment pour comparer des expériences passées.

Il existe principalement deux modes d'exploitation. Le mode *push* consiste à fournir directement l'information à l'acteur lors du traitement d'un évènement particulier. Les informations sont diffusées en support de ses décisions. Ce mode d'exploitation ne nécessite pas d'effort de recherche car les informations sont directement mises à disposition. Par contre, il est nécessaire d'avoir défini exactement le besoin actuel afin de ne pas omettre des informations utiles ou de polluer la prise de décision. Le mode *pull* correspond à la recherche d'information dans la base REx. Ce mode permet à l'acteur de se référer à la base complète dans laquelle il peut extraire toute information jugée intéressante. Cette approche requiert une implication de l'acteur et une structuration adaptée des informations pour un stockage efficace et une recherche aisée. Enfin, il faut veiller à la sécurité de la base et mettre en place un système de gestion des droits d'accès et de consultation. Pour améliorer la recherche des informations dans la base REx, il existe aussi des outils spécifiques comme, par exemple, le raisonnement à partir de cas (RàPC) [Aamodt & al 1994] qui permet d'identifier par similarité les expériences passées, proches du cas courant. Bien que performants, ces outils ont été longtemps peu employés par les acteurs *métier*, mais ils connaissent depuis peu un réel engouement [Jabrouni & al 2009].

Signalons qu'il est intéressant de proposer simultanément ces deux modes d'exploitation ce qui permet de dynamiser et de systématiser l'emploi des connaissances et expériences proposées à l'acteur en mode *push* et de fournir un référentiel de consultation fiable et pratique pour le consommateur.

Difficultés

Bien que la finalité du REx soit de permettre aux acteurs d'utiliser les informations capitalisées, cette phase est souvent mal prise en compte [Barthelme-Trapp & al 2001] et/ou mal réalisée : les informations n'arrivent pas aux personnes concernées et leur exploitation est difficile.

Nous illustrons les principes de la phase d'exploitation sur le schéma de la figure II.14.

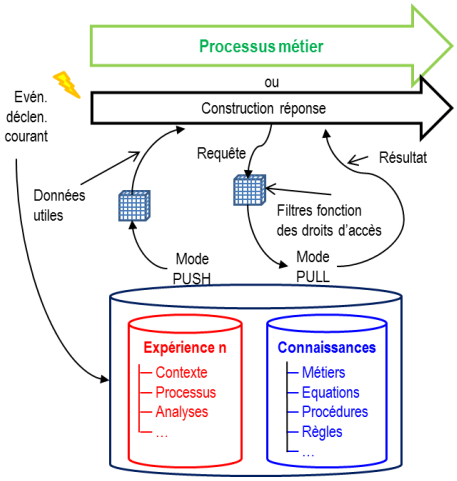


Figure II. 14 – Phase d'exploitation

3.4.4 Mise en œuvre du Retour d'Expérience

En réponse aux attentes et enjeux de la problématique Saft, nous avons choisi de déployer un processus de Retour d'Expérience car l'approche semble plus adaptée que d'autres méthodes relatives à l'Ingénierie des Connaissances. Toutefois, elle présente malgré tout des difficultés que nous avions déjà évoquées partiellement dans le chapitre I dont notamment [Sounier 2000] et [Ferchaud 2001] :

. le manque de temps : le taux d'engagement des acteurs est souvent élevé et ils disposent d'une faible disponibilité pour établir des comptes-rendus sur leurs activités,

. la sensation de perte de pouvoir : les connaissances et expériences sont toujours perçues comme une source de pouvoir et les acteurs montrent des réticences à les partager,

. la sensation de perte de temps : dans le cas d'un événement positif, le processus *métier* ou de construction de la réponse ayant conduit à un succès, à quoi bon établir "à froid" une synthèse sur ce qui s'est bien passé. De même, dans le cas d'un événement négatif, des actions non planifiées doivent être menées en urgence pour débloquer la situation. Les acteurs n'ont pas de temps à consacrer à la restitution de quoi que ce soit,

. la réticence au changement : les acteurs développent leurs propres habitudes de travail, perçues comme "un confort personnel" et ils sont souvent réticents à toute évolution ou changement,

. le manque de formation : les acteurs ne sont pas suffisamment sensibilisés aux intérêts du Retour d'Expérience d'autant plus qu'ils ont souvent des difficultés pour exploiter efficacement les informations consignées,

. la réticence à la rédaction : certains acteurs ont des problèmes pour établir un compte rendu en bonne et due forme,

. une capitalisation exhaustive chronophage : les acteurs ont tendance à vouloir tout retranscrire, avec un niveau de détails trop fin, ce qui nécessite un fort engagement.

3.5 LE RETOUR D'EXPERIENCE SAFT

Le Retour d'Expérience est une pratique ancienne à Saft qui préoccupe autant les services techniques que managériaux. Au fil des années, plusieurs actions et outils ponctuels et variés ont été développés, mis en œuvre dans l'entreprise et, pour certains, abandonnés.

Nous avons donc commencé nos travaux par réaliser un état des lieux sur les pratiques actuelles de Saft en vue d'identifier les performances, les limites et les insatisfactions perçues par les utilisateurs dont une présentation complète est disponible dans [Lagouin 2010]. Suite aux difficultés à utiliser de manière systématique certains outils disponibles sur le réseau interne pour tirer profit des expériences passées et considérant le domaine du produit et de ses processus d'élaboration, nous avons décidé de conduire l'audit auprès des services de développement et support des produits. L'objectif audit a été d'analyser la perception des acteurs vis-à-vis du REx, d'identifier les freins et les points forts de l'existant et de spécifier les attentes des utilisateurs pour la gestion de leur patrimoine informationnel.

3.5.1 Analyse de l'existant

L'audit a été réalisé sur un panel représentatif d'une trentaine de personnes :

. chaque corps des métiers techniques (mécanique, électronique, thermique et chimie),
. les métiers transverses (projet, qualité, support...),
. divers niveaux hiérarchiques (technicien, cadre et responsable).

La représentativité des niveaux de responsabilité dans l'échantillon a été équilibrée avec 11 responsables de service, 10 ingénieurs *métier* et 10 techniciens métier. De plus, le faible taux de « turn-over » à Saft a permis d'avoir des résultats fiables basés sur une forte expertise interne.

Le questionnaire établi comportait une trentaine de questions avec 40% de questions ouvertes, les 60% restants étant à choix multiple. Nous avons organisé ce questionnaire en trois parties. La première portait sur l'existant de l'acteur interviewé avec la définition du contexte de travail et des outils REx à sa disposition. L'objectif de cette partie était de construire l'état des lieux de chaque personne auditée. La seconde partie visait à faire remonter et à comprendre les points faibles et les points forts des outils actuellement proposés. La dernière partie s'attachait à identifier les attentes des utilisateurs en matière de Retour d'Expérience et d'outils. Les entretiens ont été menés individuellement et ont duré une heure environ, temps nécessaire pour guider l'acteur dans son raisonnement sans l'influencer ou le brider dans ses réponses.

Nous avons relevé avec attention les réponses des acteurs, dans un rôle de cogniticien, pour formaliser une synthèse exprimant les ressentis et les attentes quant à la conduite du Retour d'Expérience relatif au produit.

Un premier point remarquable de l'audit est la compréhension de chacun du concept de Retour d'Expérience. La majorité des acteurs interviewés intègre clairement dans leur perception les notions de capitalisation des informations relatives à la définition d'une expérience dans le cadre d'un événement négatif. Les acteurs plus aguerris (ingénieurs et responsables) pensent à la réutilisation, finalité même du REx et à l'intégration des évènements positifs. Pour le traitement des expériences, c'est une notion absente de leur perception qui constitue donc une découverte pour certains personnels techniques de Saft. Enfin, le facteur humain et son importance dans les principes même du REx ne sont perçus que par un tiers du panel.

Au niveau capitalisation, les acteurs pensent à consigner les expériences liées aux bonnes comme aux mauvaises pratiques. Toutefois, ces enregistrements sont isolés et peu ou pas partagés. De plus, les expériences sauvegardées contiennent principalement la description des solutions mises en œuvre, sans le contexte, les causes racines et l'événement déclencheur, ce qui rend difficile une exploitation future.

Nous présentons dans les graphes de la figure II.15, les résultats obtenus.

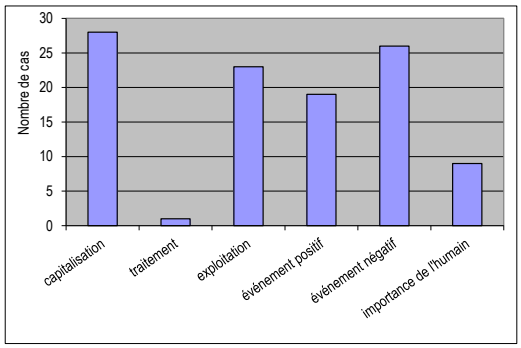


Figure II.15a - Définition du REx

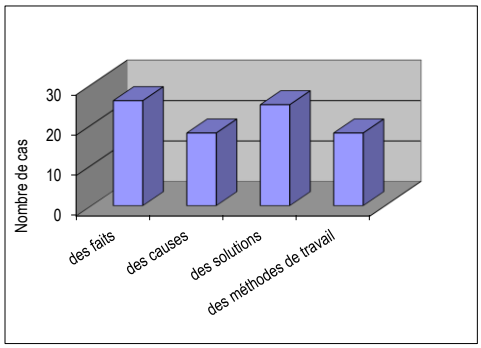


Figure II.15b – Informations capitalisées

Figure II.15 - Perception du REx

Les acteurs essaient de capitaliser régulièrement tout au long de l'expérience mais surtout lorsqu'ils "ont le temps" et lorsque "il y a suffisamment d'informations" (cf. figure II.16). Sinon, tous les résultats finaux sont archivés sur des supports dédiés tels que les rapports, les comptes rendus....

Malgré les outils disponibles dans l'entreprise et au sein des services techniques, les supports utilisés quotidiennement par les acteurs pour les actions de REx sont peu formalisés (cf. Figure II.16 et II.17). Les supports partagés et les outils Saft permettent d'archiver facilement les résultats, c'est-à-dire les solutions finales. Toutefois, comme nous l'avons déjà précisé, sans les détails des actions ayant conduit à ces solutions, il est difficile de réaliser un réel Retour d'Expérience.

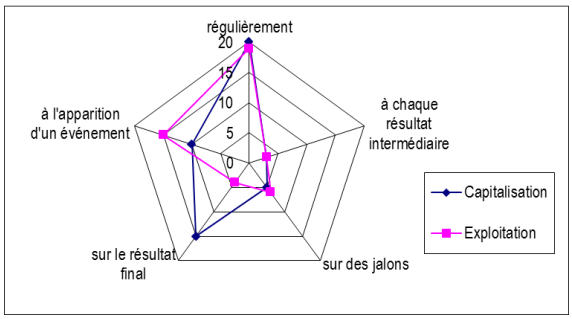


Figure II.16 – Supports employés

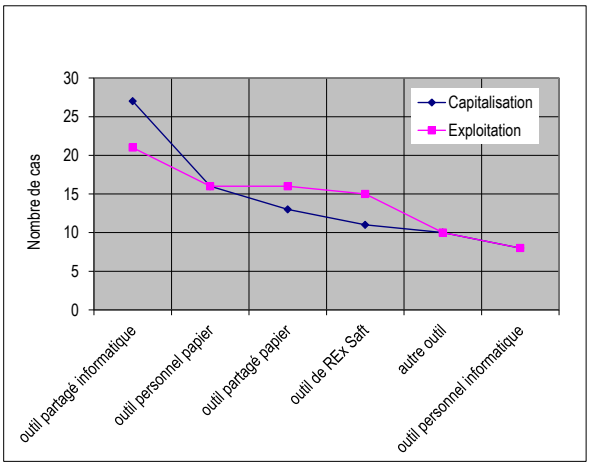


Figure II. 17 – Périodes de capitalisation

Les supports informels comme la communication orale, l'échange des notes personnelles et les mails sont quotidiennement utilisés car jugés plus simples pour obtenir une information particulière. Ils reflètent l'habitude des experts à travailler sur des documents papier. Il est à noter que ce mode de consultation permet de passer outre les droits d'accès des outils. Cette utilisation contournée des informations est dangereuse car elle multiplie les espaces d'enregistrement des résultats dans les dossiers personnels non affectés par les modifications et les mises à jour.

3.5.2 Causes de blocage

Le second temps de l'entretien portait sur le ressenti des acteurs sur les outils de travail employés quotidiennement. Cette étude a permis de mettre en exergue les freins et motivations des personnels audités. Bien que seulement une trentaine de personnes aient été interviewées, l'interrogation de cette population était particulièrement intéressante car elle reflétait le comportement véritable Saft.

Nous avons classifié l'ensemble des causes émises lors des interviews à l'aide du diagramme d'Ishikawa présenté sur la figure II.18. De plus, nous avons intégré dans ce diagramme des causes provenant d'études menées dans d'autres entreprises comme par exemple [Sounier 2000], [Dechy & al 2008]. Les principaux freins identifiés à la pratique du Retour d'Expérience sont :

. Matière : les données saisies en entrée du processus sont maitrisées par son créateur mais sont peu formalisées (simples données statistiques) ce qui engendre une difficulté d'exploitation et d'identification de l'information et de sa pertinence. De plus, les descriptions sont souvent trop techniques et focalisées sur l'erreur humaine ce qui ne permet pas d'avoir assez d'éléments contextuels pour les analyses futures,

. Matériel : les outils dédiés *métier* n'ont pas de vocation à faire du Retour d'Expérience. Ils sont indépendants et proposent des supports hétérogènes, ce qui provoque des temps de collecte et de recherche importants de l'information,

. Méthodes : les règles d'utilisation et les droits d'accès sont souvent méconnus par la majorité des utilisateurs, ce qui limite le partage des informations. Les formalismes de restitution ne sont pas assez employés, ce qui conduit à des comptes-rendus et des analyses manquant de complétude,

. Main d'œuvre : l'habitude de travailler seul (expert) et la méfiance relative à la sécurité des informations entrainent une résistance au partage. La capitalisation est souvent réalisée sur le poste de travail personnel et hors des outils. Le manque d'indicateurs pour mesurer les actions relatives au REx n'incite pas les acteurs à s'investir dans cette logique. Enfin, les protagonistes ne sont pas suffisamment sensibilisés aux intérêts du REx d'autant plus qu'ils ont souvent des difficultés à rédiger des comptes-rendus en bonne et due forme, pour exploiter efficacement les informations consignées et, d'une manière globale, à consacrer du temps à faire du Retour d'Expérience,

. Milieu : l'environnement de travail est composé de nombreux outils indépendants et de périmètres fonctionnels spécifiques ce qui engendre une méconnaissance des capacités réelles de chacun. De plus, sans passerelle entre les outils, les informations peuvent être obsolètes ou nécessiter des saisies redondantes.

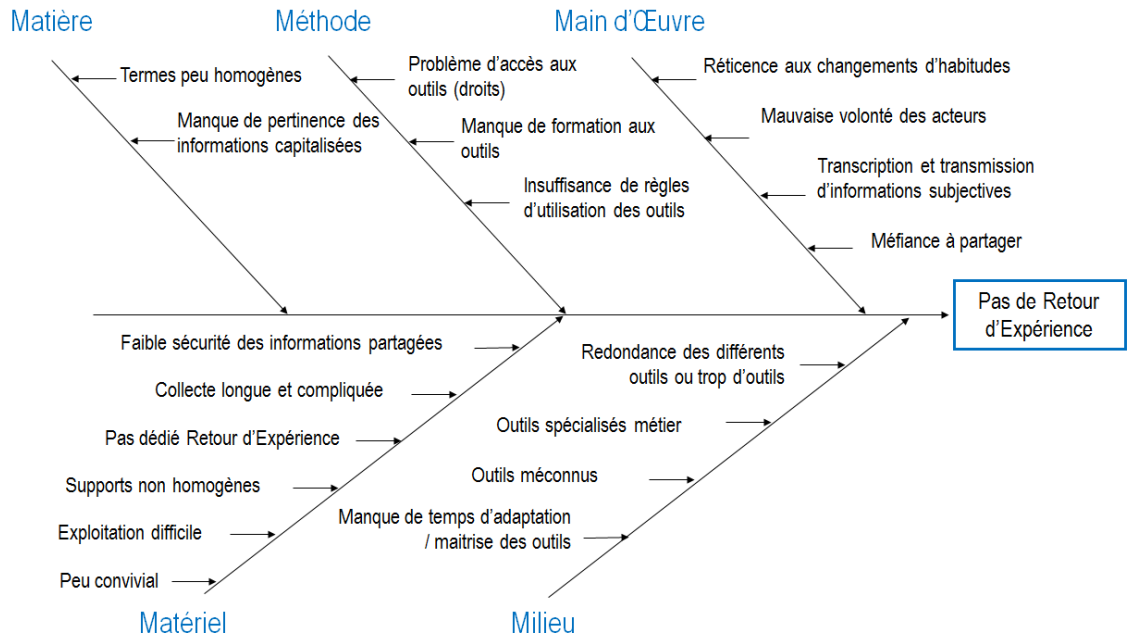


Figure II.18 – Causes conduisant aux blocages du REx chez Saft

L'identification des freins, point clé pour parvenir à faire progresser l'entreprise, nous a permis de mettre en évidence les besoins, de repérer les écueils et de communiquer sur nos actions futures. En synthèse du précédent diagramme d'Ishikawa, l'expression des freins des acteurs reflète :

. un manque de disponibilité des acteurs pour faire du REx,
. une difficulté dans le choix et l'utilisation des outils,
. une capitalisation dispersée des informations dans plusieurs outils,
. une crainte quant à la fiabilité et à la sécurité de l'information mise à disposition,
. un manque de formalisme pour la structuration des informations,
. une consignation des informations trop souvent limitée à des données statistiques non contextualisées,
. des réticences à rédiger des comptes-rendus pour des actions passées ayant conduit à un succès,
. des difficultés pour exploiter facilement les informations consignées dans les outils actuels,
. la sensation de perte de pouvoir suite à la mise en commun de méthodes ou "d'astuces" métier,
. la réticence au changement conduisant à la nécessité d'abandonner ses propres "méthodes" de travail devenues des habitudes.

Bien que sous exploitées, les applications disponibles à Saft sont tout de même reconnues comme avantageuses pour capitaliser et exploiter correctement les informations de travail. Les acteurs admettent qu'un effort d'organisation de l'archivage a été réalisé depuis quelques années. Soulignons que les derniers outils transverses développés proposent des supports adaptés au recueil et génèrent un gain de temps pour retrouver les informations. De plus, les informations formalisées dans ces outils sont pertinentes et utiles dans les activités quotidiennes. Néanmoins, chacun de ces outils est indépendant et rarement connecté avec une base commune pour centraliser l'information relative aux expériences connexes à la réalisation du produit.

Ainsi, l'audit sur le Retour d'Expérience nous a permis de montrer les limites des outils et démarches actuelles.

3.5.3 Expression des besoins.

Cette dernière étape de l'audit visait à faire remonter et à cerner les attentes des utilisateurs en vue de développer des outils de Retour d'Expérience efficaces et propices à l'utilisation.

Nous devons souligner les intérêts qu'attendent les utilisateurs du système REx. Force est de constater que les acteurs expriment la volonté de progresser par :

. l'amélioration des activités intervenant dans le cycle de vie du produit : le produit est le cœur de l'entreprise. La finalité est de fabriquer dans des conditions optimales (coût, délai, qualité) un produit robuste, conforme aux réglementations en vigueur dans chaque pays et satisfaisant le client,

. la pérennisation des connaissances : pour progresser, il faut être capable de capter les savoirs, de les valoriser, de les diffuser en interne et de les réutiliser en vue de pouvoir garder sa position de leader. De plus, il faut mettre en place une gestion de ces connaissances (*versioning*) pour s'assurer que les informations fournies sont toujours valides.

En effet, ces axes d'amélioration portent directement sur la qualité des méthodes de travail, le gain de temps, la création de connaissance, la diminution de coût et l'amélioration de la communication dans les activités quotidiennes des acteurs. Les intérêts déclarés par les acteurs en % de réponse sont présentés dans l'histogramme de la Figure II.19.

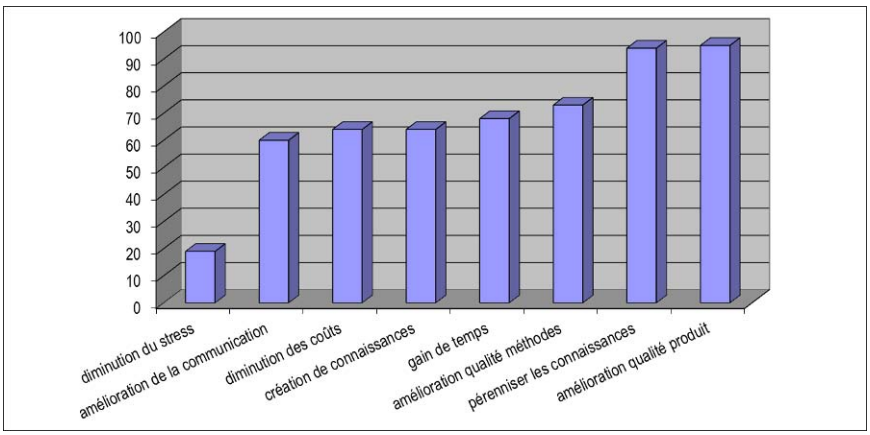


Figure II.19 - Intérêts d'un REx

Les utilisateurs sont conscients de la nécessité d'un réel système de REx. Majoritairement motivés (75%) pour aider et participer à la construction d'un nouvel outil, ils prônent des outils support s'intégrant à leurs habitudes de travail dont la valeur ajoutée est rapidement perceptible pour le créateur et le consommateur. Ils souhaitent aussi pouvoir capitaliser de manière régulière les expériences relatives aux évènements, aux résultats et aux jalons dans le cadre des projets. Réalisé en autonomie, le mode de saisie mis en avant est une trame de restitution suivant un modèle vierge avec d'abord des attributs à remplir obligatoirement par mot clé. Les utilisateurs revendiquent également un accès libre à l'information à l'aide de systèmes de recherche sécurisés et de mots clés.

L'expression des besoins a permis de traduire une réelle volonté d'améliorer les comportements quotidiens de Retour d'Expérience pour capitaliser des expériences et créer des connaissances produit et processus. Face aux habitudes et aux spécificités des métiers techniques, Saft a besoin d'une méthode formelle pour élaborer ses connaissances et supports de connaissances.

Pour répondre aux deux précédents objectifs et à ces attentes, il est nécessaire de mettre en place une gestion efficiente des connaissances, c'est-à-dire un système capable de gérer des données informatiques (les expériences et les connaissances métier) et permettant à tous les acteurs des processus *métier* de pouvoir accéder facilement à des informations pertinentes et actualisées.

Les éléments dont devraient disposer les acteurs Saft sont scindés en quatre grands champs :

1) la mise à disposition d'une base de données commune architecturée, dédiée à la gestion des informations *produit* et *métier* : élément nécessaire pour sécuriser les informations, contrôler les accès et garantir l'unicité et l'actualisation des informations,

2) la spécification pour chaque métier, des formalismes ("template") à employer pour décrire les événements, les expériences et les connaissances : ces formalismes permettent, d'une part, de garantir le contenu de la base REx, cœur même du système et, d'autre part, d'atteindre un stade de maturité sur le domaine concerné en obligeant à structurer la pensée, à observer et à rendre *explicite* les éléments manipulés pour l'ensemble des utilisateurs,

3) la définition d'un processus de création et de mise à jour des connaissances : à partir des expériences consignées, les experts de Saft ont besoin d'une méthode formelle pour élaborer les normes internes (support des connaissances à Saft), pour les faire vivre et pour suivre les versions mises à disposition (versioning),

4) la mise à disposition d'un système d'exploitation du contenu de la base REx : les informations doivent être facilement exploitables, tracées et à jour pour, d'une part, améliorer les performances des produits et des processus *métier* et, d'autre part, justifier l'intérêt des efforts accomplis par les acteurs pour déployer et faire vivre tout le système de Retour d'Expérience.

Dans le cadre de l'amélioration des performances, le groupe Saft s'est engagé dans un projet de déploiement d'un outil logiciel PLM (Product Lifecycle Management). Nous proposons d'exploiter ce cadre de travail pour implémenter un système REx efficient et répondre ainsi aux précédents besoins et écueils.

4 LE PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

Le terme PLM pour Product Lifecycle Management est un acronyme utilisé aujourd'hui pour nommer les différents systèmes informatiques de gestion du cycle de vie industriel du produit. Apparu dans les années 2000 [Lamouri 2006], les PLM sont supportés par des progiciels qui font partie intégrante du Système d'Informations (SI) de l'entreprise.

Dans ce paragraphe, nous définissons la thématique du PLM pour expliquer les raisons du déploiement d'une telle démarche et de son utilisation. Selon les points de vue fonctionnels et techniques des industriels et des laboratoires scientifiques, nous présentons les fonctionnalités et la mise en œuvre de ces solutions logicielles afin d'exposer les avantages et les difficultés inhérentes à cette démarche. Nous terminons par la présentation de la solution PLM déployée chez Saft à laquelle nous avons activement participé.

Rappelons que nous considérons le PLM comme un système de gestion de l'information permettant de capitaliser, de gérer et de partager les données produit tout au long de son cycle de vie.

4.1 LE SYSTEME PLM

4.1.1 Définition

Il existe de nombreuses définitions du PLM. Elles sont proposées, pour la majeure partie, par les grands groupes industriels clients de solutions, les éditeurs de solutions logicielles et les laboratoires de recherche. Toutefois, il convient de replacer ces définitions dans leur contexte pour les comprendre et pouvoir les différencier.

Terzi propose une définition du PLM basée sur l'analyse d'un panel de définitions de grands groupes industriels [Terzi 2005]. La conclusion qui prévaut aujourd'hui est qu'il n'existe pas de définition universelle et que les points de vue exprimés dépendent des besoins des consommateurs [Paviot 2010]. La perception des PLM a néanmoins évolué et a dépassé la vision limitée d'une simple solution informatique.

Nous emploierons la définition la plus répandue, proposée par les analystes [CIMData Inc 2012] : "le PLM est une approche stratégique *métier* 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 de vie et d'intégrer les hommes, les processus, les systèmes d'organisation et d'information".

Cette définition est compréhensible et, surtout, l'une des plus complètes. Il s'agit d'une approche stratégique pour le développement du produit et de ses processus. Cette dernière est supportée par des outils mis en œuvre pour créer, gérer et diffuser les données dans un environnement collaboratif. Nous retrouvons ici la notion de management des informations techniques liées au cycle de vie du produit. Cette considération, notamment par les processus, est un point clé du PLM en relation directe avec notre problématique.

Le déploiement d'une solution PLM est à considérer comme un projet d'entreprise qui implique des changements :

. de l'organisation industrielle par l'évolution des processus et des modes de travail,

. humains par l'adoption de nouveaux outils logiciels de travail et de communication et l'adaptation de leurs méthodes de travail,

. technologique par le développement de l'intégration numérique des filières industrielles : conception, production, support...

4.1.2 Positionnement dans l'entreprise.

L'entreprise est un système complexe qui nécessite de gérer les processus afin de générer de la valeur dans un environnement donné (concurrents, fournisseurs du marché et société). Les Systèmes d'Informations (SI) en lien avec la gestion du produit : les Product Lifecycle Management (PLM), les ERP (Entreprise Ressource Planning), la Supply Chain Management (SCM) et la Gestion de la Relation Client (CRM) sont étroitement liés [Fathallah 2008].

Dédié à l'optimisation des flux d'informations associés aux produits dits virtuels, l'outil progiciel PLM a facilement trouvé sa place au sein des SI existants de l'organisation. Il est devenu complémentaire aux progiciels ERP (Entreprise Ressource Planning) associés aux activités opérationnelles de création du produit physique, pour la prise en charge des activités relatives à la définition d'un produit fabricable.

Interconnectable avec les autres progiciels de CRM (Customer Relationship Management) et de SCM (Supply Chain Management), l'organisation du SI permet d'intégrer toute la gestion et la collaboration autour du produit.

La virtualisation des produits est aujourd'hui devenue essentielle pour collaborer et maitriser au plus tôt les coûts et la qualité en vue de faciliter la production. D'un point de vue technique, elle permet d'améliorer la productivité en conception, d'augmenter la fiabilité du design, d'améliorer la qualité du produit et d'accroitre la standardisation et la modularité. Les outils de processus avancés tels que la collaboration répartie, la visualisation intégrée, la gestion de données multi CAO, la gestion complète des nomenclatures par vue métier, permettent de consolider le partage de l'information virtuelle à travers les entités internes et externes, de manière contrôlée.

Le PLM permet aussi de centraliser les résultats issus des diverses disciplines *métier* pour gérer les différentes vues qui permettent de définir le produit dans sa globalité (vue conception, vue fabrication, vue support…). Cette fonctionnalité permet d'assurer l'intégrité des vues *métier* et de disposer d'une vision d'ensemble cohérente.

4.2 TRAVAUX SCIENTIFIQUES LIES AU PLM

Face à l'engouement des entreprises industrielles pour les systèmes d'information PLM capables de prendre en charge la totalité du processus de développement du produit, nous voyons apparaître de nouveaux besoins et de nouvelles pistes de recherche dans l'exploitation de ces environnements dynamiques et complexes.

Nous pouvons distinguer trois axes de recherche en lien avec notre problématique. A partir de la bibliographie du domaine, nous avons organisé notre état de l'art suivant ces trois courants majeurs : le support au déploiement de l'outil, l'intégration des processus *métier* dans le PLM et la modélisation des connaissances.

4.2.1 Le support au déploiement d'un système PLM

Le premier courant, très largement représenté dans la littérature, concerne la modélisation des processus entreprise et la conduite du changement. Il vise à aider les organisations dans leur projet de déploiement d'une solution PLM.

L'accompagnement du changement est une discipline qui permet de faciliter l'acceptation par les acteurs des changements induits par la mise en œuvre d'un nouveau projet. Selon [Savall 1995] ou [Gélinier 1990], cette discipline doit permettre de réduire les facteurs de rejet et d'encourager l'appropriation et l'enracinement de nouveaux modes

opératoires. De plus, d'après [Georgalas & al 2009], une clé pour aboutir à une adoption rapide d'une solution PLM est la simplification, par l'utilisation, au plus proche du standard, des outils proposés.

Plusieurs groupes de recherche et d'industriels ont été constitués pour échanger sur leurs expériences et s'entraider dans leurs projets de déploiement de solution. Nous pouvons par exemple citer les clusters de recherche et les regroupements inter entreprise et laboratoires comme le GOSPI du laboratoire G-Scop de Grenoble, l'AIP Primeca du laboratoire de l'INSA de Lyon, le PLM Lab de l'Ecole Centrale de Paris, les Ateliers PLM de l'Ecole Centrale de Nantes... Ces groupes pilotés par des équipes de recherche se réunissent régulièrement pour concevoir et diffuser des solutions aux industriels.

Ces programmes en étroite relation avec de grands industriels clients, éditeurs et groupes de consultants PLM sont orientés vers les besoins de ces parties prenantes pour :

. travailler sur la clarification des concepts du PLM,
. développer et innover dans le domaine du PLM,
. mettre en œuvre des solutions de déploiement,
. partager les expériences et construire un Retour d'Expérience,
. ...

Il est à noter que bien souvent, ce type d'activité correspond à un Retour d'Expérience a posteriori.

Nous devons aussi citer d'autres types de programmes, tels que le projet PEGASE [Bissay & al 2010] qui propose une plateforme d'aide au changement pour la mise en place d'un PLM, offrent des solutions pratiques d'accompagnement des projets de déploiement de solution PLM.

D'un point de vue de l'organisation industrielle, les méthodes de modélisation des processus de l'entreprise permettent de faciliter l'intégration de l'application PLM. Comme le signale [Pernelle, 2006], la modélisation des processus pour faciliter l'intégration aux systèmes PLM représente une littérature abondante dans le domaine du PLM. Elle est vouée à établir des solutions d'adaptation, de customisation et de paramétrage spécifiques à l'outil PLM pour exploiter au mieux ses fonctionnalités en réponse aux besoins de déploiement. Par exemple, dans [Le Duigou & al 2012], les auteurs proposent un cadre de modélisation applicable pour modéliser les processus stratégiques. Ce cadre permet de se concentrer sur les processus à forte valeur ajoutée pour l'entreprise.

Dans le domaine de la modélisation, [Schuh & al 2008] ont concentré leurs travaux sur le déploiement du PLM pour tout le cycle de vie du produit. Ils mettent en exergue des modèles de processus *métier* liés aux concepts fondamentaux du PLM.

Ces approches par la modélisation permettent de déployer plus efficacement l'outil PLM car, d'une part, les processus modélisés sont les processus à valeur ajoutée sur lesquels l'entreprise fait un effort de réingénierie, d'autre part, leur modélisation est réalisée en tenant compte des contraintes des solutions PLM : les processus sont donc adaptés à la gestion par l'outil.

4.2.2 L'intégration des processus *métier* dans le système PLM

Ce second axe, largement couvert dans la littérature, est l'analyse des systèmes et la volonté d'innover et d'améliorer les fonctionnalités technologiques des outils PLM.
Cet axe de recherche répond aux exigences spécifiques des industriels clients qui, tous différents, veulent comprendre et adapter les meilleures pratiques d'utilisation, valoriser l'utilisation des fonctionnalités technologiques et proposer des axes d'amélioration pour l'application et l'utilisation de l'outil informatique.

Dans cette logique, l'analyse globale des systèmes PLM permet d'étudier les différents fonctionnements des solutions PLM, notamment la construction et l'architecture des systèmes d'informations qui constituent le PLM [Hu & al, 2006].

Ces analyses du système sont enrichissantes pour identifier les problématiques technologiques auxquelles sont confrontés les développeurs de solution PLM tels que l'interopérabilité, la protection de la propriété industrielle, les échanges sécurisés d'informations, les architectures des données, les processus de collaboration.... Chacun de ces

items constitue une problématique de recherche à part entière et notre objectif aujourd'hui, n'est pas d'en faire un état de l'art complet. Nous proposons tout de même quelques travaux.

Nous citons, par exemple, les travaux de [Merminod & al 2008] qui identifient les opportunités et inconvénients du PLM sur les processus de conception collaboratifs. Ce point de vue processus permet de mesurer l'importance de la méthodologie et de la coordination des fonctionnalités techniques lors du déploiement de l'outil pour rester cohérent avec les principes de collaboration de l'entreprise. D'un point de vue organisationnel, [Kadiri 2008] présentent une analyse des problématiques inhérentes aux processus collaboratifs afin d'identifier les freins et les risques. L'objectif est de proposer des outils ou fonctionnalités permettant de favoriser la réaction aux incidents et aux dysfonctionnements.

Un autre aspect souvent mis en avant par les entreprises est le principe d'interopérabilité pour faciliter la libre circulation de l'information. Selon [Wegner 1996], l'interopérabilité est l'aptitude de deux systèmes (ou plus) à communiquer, à coopérer et à échanger des données et services, et ce, malgré les différences dans les langages, les implémentations et les environnements d'exécution ou les modèles d'abstraction. Dans leurs travaux, [Fortineau & al 2011] identifient les freins à l'interopérabilité entre les systèmes d'informations utilisés dans les approches PLM. Notons qu'un état de l'art sur les principes d'interopérabilité adaptés aux niveaux techniques, sémantiques et organisationnels ainsi que l'analyse des différentes approches de l'interopérabilité est disponible dans [EIF 2004].

La complexité de l'environnement PLM ouvre un large champ aux travaux sur les ontologies. Nous retrouvons les approches d'unification qui consistent à créer un lien entre les données des systèmes via l'utilisation d'un méta-modèle, qui permet de rapprocher les ontologies de chaque système [Fortineau & al 2011]. De plus, d'autres approches s'orientent vers les applications PLM comme les concepts de construction et de fusion d'ontologies [Mostefai 2007] ou encore les PSL (Process Specification Language) pour apporter une base rigoureuse de partage des connaissances [Young & al 2007].

Comme nous l'avons précédemment signalé, cet axe rassemble à lui seul plusieurs problématiques de recherche, chacune faisant l'objet de nombreux travaux et publications. Toutefois, nous n'irons pas plus loin dans nos investigations car ces travaux ne sont pas en lien direct avec notre problématique de recherche et industrielle.

4.2.3 La modélisation des connaissances

Dans le cadre de la thèse, nous concentrons ce paragraphe sur les travaux relatifs aux processus développés dans une optique de gestion des connaissances au sein et par les systèmes PLM.

Dans le domaine du PLM, les nouveaux défis de la Gestion des Connaissances sont d'exploiter les multiples fonctionnalités des outils pour configurer des solutions qui permettent de gérer, au-delà des données et des informations, les connaissances induites par les processus et les prises de décision lors du cycle de vie du produit.

Face à la demande croissante des industriels pour créer, représenter, traiter, gérer et communiquer les connaissances relatives au produit, il devient nécessaire d'inclure une part de gestion des connaissances dans les PLM. Ces actions découlent de l'augmentation constante du nombre et du type de données intégrées au PLM et visent à apporter un support à la gestion de ces informations [Horváth & al, 2007].

En ce qui concerne la capitalisation, plusieurs approches sont développées pour répondre aux volontés de pérennisation de l'information.

[Hervy & al 2012] proposent de constituer un nouvel état de cycle de vie qui permet d'enrichir le modèle des données techniques du produit. Cet état supplémentaire vise à conserver les informations des produits après leur vie et permet de constituer l'héritage du produit.

Au niveau du transfert des connaissances, [Gaku 2007] propose de capitaliser les connaissances issues du processus de conception dans le logiciel de CAO pour les partager avec la communauté des ingénieurs et des dessinateurs de conception. La configuration de l'outil de conception permet de traduire automatiquement les comportements des utilisateurs en règles *métier*, lesquelles sont validées par les ingénieurs de conception et retranscrites dans les modèles de conception CAO.

Dans le cadre de la modélisation produit, [Horváth 2009] propose un modèle d'objet multiniveau dit "intelligent", c'est-à-dire qui intègre une part de la description du contenu des informations pour expliquer les connaissances induites dans l'évaluation et la prise de décision. Ces informations sont directement inscrites dans la description des objets du PLM.

Pour répondre à la problématique de formalisation des connaissances qui représente aussi un réel challenge industriel, il existe des travaux sur les données techniques, c'est-à-dire pour les modèles CAO, et sur les modèles d'articles utilisés dans le produit. De nombreux travaux ont été menés dans ce domaine et nous pourrons retrouver un panel de méthodes de gestion des données techniques dans les secteurs de l'aéronautique et de l'automobile dans [Bacha, 2002] et [Nguyen Van 2006].

L'intégration du contenu réel des connaissances de l'entreprise constitue aussi une difficulté partagée. Pour répondre à cette problématique, [Bernard & al 2009] proposent une démarche de représentation des connaissances dans les objets PLM afin d'assurer, par leur représentation formalisée, leur interprétation, leur partage et leur maintien. Dans ce cadre, notons les travaux de [Bissay 2010] qui propose un modèle pour les objets de conception CAO contenant des savoir-faire du cycle de vie du produit. Directement intégré à la conception CAO, le modèle formalisé propose ou empêche certaines fonctionnalités de conception pour générer des modèles "intelligents". Ces intégrations sont réalisées par les règles de fonctionnement spécifiquement paramétrées de l'outil de CAO. D'autres exemples d'intégration de modèles de connaissances dans le CAO existent comme les modèles décisionnels pour le développement via l'utilisation de "*Knowledgeware*". Ces outils très formalisés sont paramétrés pour améliorer la performance globale et l'efficacité des activités de conception [Bodein 2012].

Dans la logique de gestion des connaissances, les fonctionnalités de traçabilité induites par le PLM offrent de nombreuses perspectives aux groupes de travail. Par exemple, une méthode proposée par [Ouertani & al 2011] est d'utiliser les informations de traçabilité pour améliorer l'échange et l'utilisation des connaissances par une approche standardisée de suivi et de partage des informations.

Concernant l'exploitation des informations et des connaissances, certains travaux de recherche vont au-delà des fonctionnalités classiques de recherche proposées par les outils PLM. Par exemple, une voie sur les méthodologies structurées intégrant l'orientation workflow permet d'assurer la cohérence entre informations. Un exemple donné par [Bron & al 2007] permet d'instrumenter les liens entre des spécifications d'entreprise et leur système de certification. Dans le cadre de la recherche de connaissances, les travaux de [Guo Jian 2004] portent sur la conception et le paramétrage d'un concept basé sur un système multi-agent permettant de transformer les recherches passives et les outils d'extraction en assistants actifs et personnels dans le processus de développement de produit.

4.2.4 Conclusion

L'ensemble de ces publications témoigne de la richesse des travaux portant sur les technologies et méthodologies du PLM et des enjeux économiques et humains pour les entreprises. Toutefois, dans le cadre de notre problématique d'intégration d'un processus de Retour d'Expérience, nous n'avons pas identifié de travaux traitant du couplage REx / PLM ou de la capitalisation, du traitement et de l'exploitation des connaissances *métier* par un adossement aux processus d'évolution des objets.

Néanmoins, pour élaborer une solution de REx adossée à un PLM, nous pourrons exploiter toutes ces avancées scientifiques dans le domaine du PLM et de la gestion des connaissances.

Avant de proposer notre démarche de solution, nous explicitons les différentes fonctionnalités qui constituent la solution du système PLM déployé chez Saft.

4.3 FONCTIONS ESSENTIELLES

Les composantes génériques d'un PLM sont des outils logiciels apportés par le Système d'Information pour mener à bien la stratégie de gestion du produit.

Nous pouvons identifier les composantes essentielles d'un PLM comme :

. une logique du système qui dicte et gère les règles de comportement et les relations des éléments de données par des cycles de vie, des workflows (flux de travaux), des responsabilités métier, des liens...,

. un référentiel unique et commun qui est décrit par un méta-référentiel,
. un serveur LDAP et des machines clientes pour référencer les données relatives aux utilisateurs et leur permettre une connexion contrôlée et sécurisée en vue d'accéder aux données,
. un serveur d'indexation apportant les fonctionnalités de recherche en texte intégral au moteur de recherche. Il permet de répartir des collections et des lots de données interrogeables.

Ces modules permettent une gestion dynamique des données techniques dans un environnement où les processus transverses peuvent être semi-automatisés. Par le paramétrage, il est possible de déployer les sept composants indispensables du PLM que décrit l'éditeur PTC : la gestion des documents, la visualisation intégrée, le workflow, la collaboration répartie, la gestion de données multi-CAO, la gestion complète des nomenclatures et la gestion des modifications et des configurations. Un état très détaillé de ces composantes est présenté dans les fiches techniques et commerciales disponibles sur le site de l'éditeur (www.ptc.com).

Ces éléments PLM sont utiles pour la compréhension du système et donc pour le développement de notre étude. Ils sont spécifiés dans les paragraphes suivants. Notre démarche est appuyée par les fonctionnalités de la solution Windchill® PDMLink de l'éditeur PTC.

Chacune des fonctions essentielles du PLM présentées dans la suite de ce paragraphe est explicitée avec l'interprétation du manuel d'administration *métier* de l'application Windchill PDMLink [PTC University 2008]. Ces fonctionnalités sont les clés de paramétrage de l'outil informatique pour configurer la solution PLM.

L'apprentissage de ces fonctionnalités a été indispensable pour pouvoir mener à bien les travaux du projet de déploiement du PLM Saft.

4.3.1 Les objets

Les données techniques gérées par le PLM sont stockées dans un *objet*. Etant donné la complexité des produits, il existe plusieurs types d'objets spécifiant la nature de la donnée :

. les articles établissent les structures *produit ;* ils ne contiennent pas de donnée CAO mais référencent des documents et des documents CAO qui en contiennent,
. les documents stockent les fichiers de données électroniques tels que les fichiers de texte, les images, les vidéos, les projets...,
. les documents CAO stockent les données CAO d'ingénierie comme les modèles, les dessins, les plans...,
. les liens définissent les liens hypertextes sur les pages web internes et externes de l'entreprise,
. les éléments de modification stockent les informations relatives aux modifications des objets cités ci-dessus. Ils comprennent les rapports de problème (PR : Problem Report), les demandes de modification (CR : Change Request), les avis de modification (CN : Change Notice) et les tâches de modification (CA : Change Activity).

Il est à noter que nous avons gardé les termes anglophones car ils sont utilisés chez Saft.

Les objets articles, documents et documents CAO contiennent des détails, un contenu et des relations (cf. figure II.20).

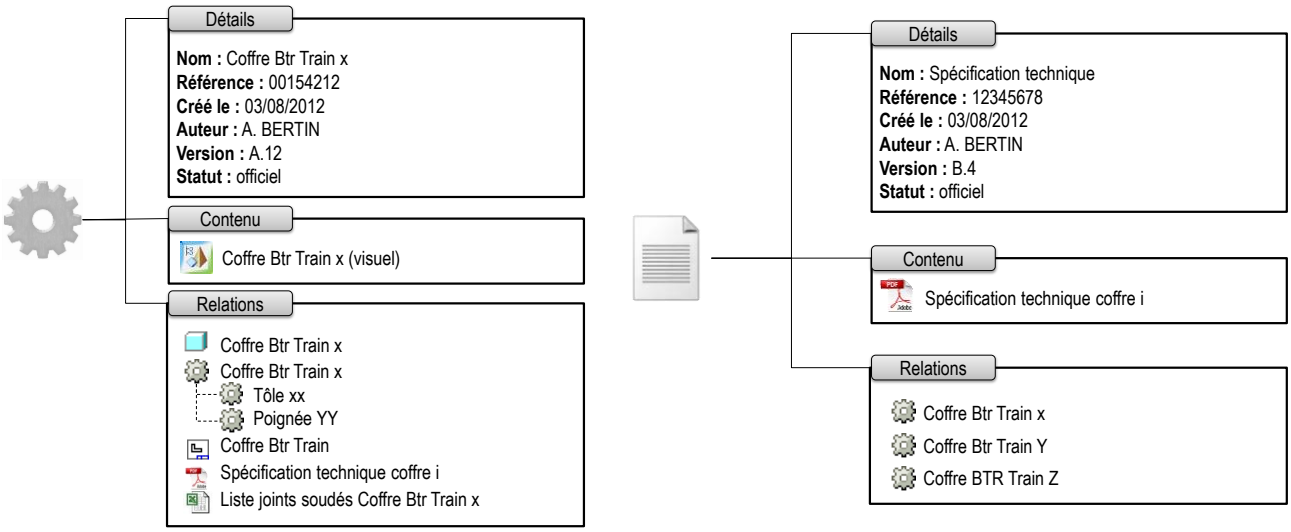


Figure II.20 - Fonctionnalités des objets

Le contenu de la donnée est l'information majeure, les détails et liens de relation sont les métadonnées qui caractérisent ce contenu. On retrouve des informations permettant d'identifier :

. le contenu de l'information : nom, description, titre, état de cycle de vie, version, statut,
. le contexte : date, technologie, domaine d'application, contexte, emplacement de stockage,
. les intervenants : créateur, modificateur, approbateur, relecteur,
. les liens de structure : relations avec d'autres objets ou éléments de référence.

Chaque lien a un sens spécifique et possède des propriétés qui lui sont propres (exemple : lien de nomenclature organique, lien de nomenclature fonctionnelle, lien documentaire, lien d'annotation...). Les liens doivent permettre une gestion dynamique des relations entre les objets techniques [Pernelle & al 2006].

4.3.2 Les emplacements de stockage

Un objet est défini depuis un emplacement de stockage. Il s'agit du contexte applicatif dans lequel l'objet est utilisé. C'est un espace structuré de collaboration interne.

Les contextes *métier* sont les Produits et les Bibliothèques, paramétrés suivant un modèle permettant de standardiser la déclaration, la structure et les règles de gestion du cadre de travail. Les Produits représentent un produit en cours d'élaboration. Les objets stockés dans un produit sont toujours utilisés dans ce produit. Les bibliothèques sont générales et permettent de stocker les objets utilisables dans n'importe quel produit.

Ces espaces de dépôt peuvent s'organiser avec une arborescence de dossiers. Ils sont paramétrés suivant un modèle permettant de standardiser la déclaration, la structure et les règles de gestion du cadre de travail.

4.3.3 Le versionning

Les évolutions de version et d'itération sont gérées par un processus spécifique du PLM suivant un schéma de numérotation paramétré par l'administrateur. Les itérations sont les modifications mineures effectuées sur les objets. Pour ce faire, il est nécessaire de "récupérer" l'objet concerné. Cette action permet d'indiquer aux autres utilisateurs que l'objet est en train d'être modifié. L'action d'intégration l'objet permet d'officialiser la nouvelle version. L'indice d'itération de l'objet est alors incrémenté. Le processus pour les itérations est le suivant :

Document A.1 → récupération → modification→ intégration → Document A.2

Les révisions sont des modifications majeures réalisées sur un objet officiel. Pour ce faire, l'objet est révisé, cette action crée une nouvelle instance d'objet de révision supérieure. Cette révision reste figée, les modifications de l'objet sont tracées via les itérations. Lorsque toutes les modifications sont réalisées, la nouvelle version est validée par le biais d'un processus automatisé de validation du PLM. Ce processus est le suivant :

4.3.4 Le contrôle de processus

Les processus sont automatisés à l'aide d'une combinaison de cycle de vie, de processus et d'équipes.

Un cycle de vie définit l'évolution d'un objet et détermine les états de maturité par lequel un objet peut passer. Chaque état peut utiliser un workflow permettant d'automatiser l'enchaînement des tâches de développement et de validation et l'acheminement des informations vers les personnes concernées. Ces workflows prennent en charge le routage des objets vers l'état approprié. Les processus permettent de contrôler les actions de validation des objets ainsi que d'autres processus de l'entreprise. La composante finale est l'équipe du processus qui détermine la personne à qui affecter une tâche en fonction des rôles pouvant être tenus par chaque acteur de l'équipe. Nous proposons en exemple sur la figure II.21, le schéma d'un workflow paramétré pour l'état "En validation" permettant en trois tâches d'officialiser une instance de document.

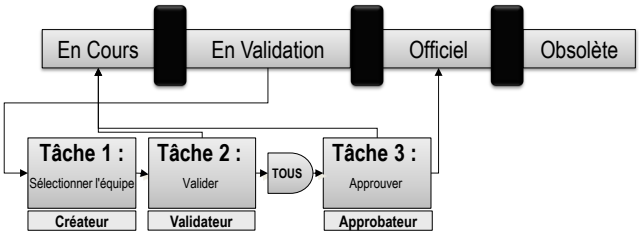


Figure II. 21 - Contrôle des processus

La diversité des fonctionnalités relatives à la conception de ces processus permet d'automatiser des combinaisons de cycles de vie, de workflows et d'équipes pour représenter les processus *métier* de l'entreprise, c'est-à-dire les pratiques de développement recommandées.

4.3.5 La gestion des droits d'accès et des rôles

Les droits d'accès sont affectés aux acteurs à l'aide des concepts de rôles. Les rôles définissent les métiers précis relatifs à un contexte (produit ou bibliothèque). Les personnes sont associées à un de ces "Rôles" en fonction de leur statut dans l'entreprise.

Dans le modèle d'équipe considéré, un "Rôle" est associé à des droits d'accès sur les types d'objet à un état de maturité donné. Les droits de lire, de créer ou de modifier sont des exemples de droits alloués aux rôles. Suivant le modèle d'objet, un "Rôle" peut être attribué à une "Responsabilité" de tâches workflow objet. Comme illustré dans la figure II.22, chaque utilisateur est affecté à un rôle de l'équipe produit. Suivant le modèle d'objet considéré, ces rôles sont corrélés aux "Responsabilités" du workflow de l'objet (Change Administrator, Validator, Approver) et les droits d'accès qui leurs sont accordés permettent les actions appropriés dans les états de cycle de vie (Lire, Créer, Modifier).

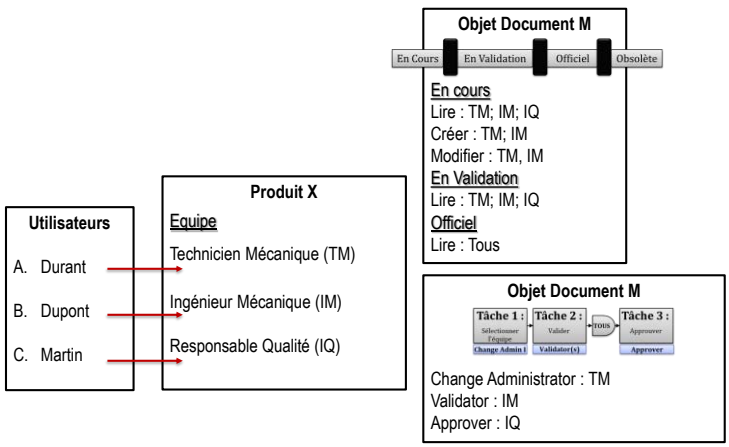


Figure II.22 - Rôles, droits d'accès et responsabilités

Les éléments *Rôle* et *Responsabilité* permettent de maitriser les droits d'accès des utilisateurs de la base et d'automatiser les tâches de workflow pour les objets considérés.

4.3.6 Les fonctions de collaboration

Comme nous l'avons mentionné précédemment, un enjeu majeur des PLM est la collaboration sécurisée. Pour cela, il existe des outils spécialement conçus pour encourager la collaboration virtuelle tels que les forums de discussion ou les conférences en ligne pour de discuter des contextes ou d'objets. Un abonnement en ligne permet aussi de notifier les acteurs de chaque modification effectuée sur les objets. Enfin, l'outil de visualisation intégrée permet d'informer et d'annoter les données CAO lors de ces échanges.

4.3.7 Le référentiel et méta-référentiel entreprise

Le référentiel de l'entreprise est l'environnement paramétré de la solution PLM. Il est décrit par un groupement d'informations et de fonctionnalités articulées par un méta-référentiel.

Les données dites statiques permettent de décrire les données statiques du méta-référentiel, c'est-à-dire l'ensemble des métadonnées comportant des individus (objets), des classes (ensemble de types d'objet), des attributs (propriétés caractéristiques de l'objet), des relations (liens entre les objets) [Baczowski & al 2008] ainsi que les modèles d'application, les contenus des tâches et des états de cycle de vie, les contrôles d'accès et les autorités sur les objets et la définition des rôles *métier* et des rôles processus intervenants.

Les règles dynamiques sont les protocoles contrôlant l'évolution et la circulation des données. Elles permettent d'animer les cycles de développement des produits ou de vie des objets à l'aide de workflows. La définition de ces workflows permet de spécifier l'enchainement des activités et des tâches à réaliser, l'affectation des responsabilités et des droits d'accès ainsi que les différents rôles *métier* intervenant dans le processus.

Les espaces de travail permettent de structurer le référentiel (site, organisation, application) et de configurer l'utilisation des modèles de gestion des domaines à différents niveaux hiérarchiques par le détail des données statiques qui sont :

. le référencement, l'organisation et le stockage-archivage des données suivant une typologie prédéfinie [Eynard 2005],
. les types d'objets et leurs métadonnées associées (détails et modèles),
. les rôles *métier* impliqués dans le développement du produit,
. les modèles de processus utilisés pour la distribution et l'évolution informationnelle (workflow) des objets,
. les rôles processus relatifs aux activités.

Les données dynamiques s'exercent sur les processus qu'elles formalisent pour orchestrer la réalisation des activités.

4.4 LE PROJET SAFT

L'origine du projet est le résultat d'une étude sur les performances des processus de développement des produits chez Saft. Cette étude, menée par PTC, a permis de révéler un certain nombre de faiblesses, notamment le système de CAO qui avait atteint ses limites. Elle a débouché sur une liste de préconisations, avec des propositions d'amélioration concernant les processus *métier* relatifs à la gestion des données techniques, au développement de produit collaboratif et à la définition de maquette numérique. Après une analyse stratégique, Saft Corporate a décidé de suivre la feuille de route relative à l'implantation de progiciel PLM.

4.4.1 Problématique Saft

Pour faire face aux nouveaux challenges économiques et industriels, il était nécessaire d'améliorer et de renforcer le système de gestion du produit car les systèmes d'information, supports essentiels du développement produit avaient atteint leurs limites. De plus, les nombreuses évolutions de l'environnement ont généré de nouvelles problématiques majeures :

. les batteries de plus en plus complexes nécessitent de plus en plus d'interfaces techniques et de métiers,
. les exigences client se durcissent avec la nécessité de zéro défaut (qualité, performance, déchets…) et de zéro souci (sécurité, fiabilité, maturité, robustesse…),

. le contexte économique mondial engendre une augmentation des risques, des normes, des contraintes, des standards...,
. le manque de visibilité de l'évolution des projets et le partage mal assuré de l'information impactent la collaboration entre tous les départements de Saft et l'intégration grandissante des partenaires,
. les nombreuses applications indépendantes génèrent des conflits technologiques et des dépenses excessives en services d'intégration.

Le travail d'introspection sur l'identification de ces problématiques a permis d'exprimer un besoin adapté aux nécessités de l'entreprise. Concrètement, Saft a exprimé le besoins de consolider une politique commune Saft : *« think global, act local »* basée sur :

. le partage des processus support de la stratégie Saft et des règles communes de gestion des données techniques,
. la prise en compte du contexte humain et système et des mécanismes d'évolution des données techniques,
. l'homogénéité des informations manipulées,
. la création d'une base commune de référence spécifique au développement de produit,
. l'unicité de l'information.

En 2008, pour atteindre ces objectifs, Saft a fait le choix de lancer un programme d'entreprise. La direction a opté pour la mise en place d'une solution PLM globale déployée sur les six sites de développement de produit du groupe (Bordeaux, Nersac et Poitiers en France, et Valdosta, Cokeysville et Jacksonville aux USA).

Les enjeux sont d'obtenir une information produit cohérente et d'améliorer la productivité dans les processus de développement du produit en vue de réduire les délais de mise sur le marché et les coûts de développement et de valoriser l'image de Saft.

Il est à noter qu'une des particularités du PLM implanté chez Saft est qu'il a été orienté "système de gestion des processus".

4.4.2 Stratégie mise en œuvre

Le projet PLM Saft a été planifié en quatre macro-phases : le pilote, l'implémentation, le déploiement et la généralisation.

La première phase, le pilote, a porté sur l'intégration des concepts du PLM, le test de l'outil sur des cas concrets et la spécification des améliorations à apporter pour parvenir à un modèle robuste de méta-référentiel. Elle a été réalisée sur des périmètres restreints : le site de Bordeaux qui a été chargé d'implanter et de tester le méta-référentiel et le processus de gestion des modifications. Le site de Valdosta a été chargé de valider la gestion de configuration.

Contrôlée lors d'un jalon décisionnel, la phase pilote a permis de valider le méta-référentiel et la définition des processus transverses.

La deuxième phase d'implémentation, visait à intégrer l'outil PLM paramétré selon le méta-référentiel défini sur les sites pilotes de Bordeaux et de Valdosta. L'objectif était de valider la solution en application réelle et de former les utilisateurs clés à l'outil pour optimiser la solution et son emploi.

La troisième phase, le déploiement, consiste à implémenter l'outil sur les autres sites de développement pour partager le modèle de gestion et centraliser les données de développement.

La dernière phase est la généralisation du système à l'ensemble des sites de la division industrielle (IBG) de Saft.

4.4.3 Projet de déploiement

Intégrée au projet dès la phase de définition du méta-référentiel, nous avons participé activement au déroulement et à la conduite des activités pour promouvoir le déploiement de l'outil.

En tant que référent PLM du site de Bordeaux, nous avons établi et appliqué la procédure de déploiement présentée ci-dessous. L'équipe projet a réalisé un travail de standardisation entre les sites du groupe (documents, processus, rôles…) pour permettre de créer le méta-référentiel théorique complet. Celui-ci a été défini selon les impératifs normatifs et les habitudes de travail des sites Saft impliqués dans le projet. L'objectif a été de promouvoir un ensemble de bonnes pratiques pour les appliquer via le méta-référentiel au cours des phases du cycle de développement du produit. Le

méta-référentiel a nécessité une forte mobilisation de compétences techniques et fonctionnelles sur le produit et sur les sites. Toutefois, cette implication nous a conduits à disposer d'une architecture cohérente et facile à prendre en main.

Caractériser le méta-référentiel SDDCM

Le référentiel définit le périmètre fonctionnel de l'outil PLM, il est caractérisé par un méta-référentiel. Un prérequis du projet d'implémentation est de définir ce méta-référentiel car il permet de créer et de paramétrer les règles communes du PLM.

Nous avons modélisé l'espace PLM pour établir un méta-référentiel adapté au contexte et aux besoins de Saft. Ce modèle doit permettre de refléter le paramétrage des fonctionnalités et des processus automatisés dans l'outil.

Le méta-référentiel Saft est désigné par SDDCM pour Saft Digital Data Core Model ; il comporte les informations relatives :

. à l'architecture des données (définition et paramétrage des contextes),
. aux types d'objets (documents, documents CAO, articles),
. aux détails,
. aux cycles de vie et aux workflows,
. aux rôles, responsabilités et droits d'accès,
. aux règles d'initialisation des objets.

En plus de la gestion des données techniques (documents techniques, CAO, articles), les processus transverses clés de gestion des modifications, gestion de la collaboration et gestion de configuration sont gérés par l'outil PLM. Ils entrent dans le cadre du SDDCM.

La base créée doit être commune aux sites. En effet, l'objectif est de disposer d'un espace de partage logique pour tous les sites d'utilisation en considérant la facilité de contrôle des accès. Cette administration des droits est directement dépendante de l'architecture des données et c'est une priorité pour sécuriser l'information.

Par défaut, l'architecture de l'outil est composée de trois niveaux hiérarchiques : le site, l'organisation et le contexte applicatif. Chaque niveau représente un domaine administratif basé sur les règles de gestion du niveau supérieur et personnalisé selon ses propres règles qui s'ajoutent et/ou remplacent les règles héritées. Les informations consignées par ces modèles spécifient les règles et les caractéristiques clés de l'environnement métier.

Nous avons choisi d'établir l'architecture des espaces de stockage par différents modèles de contextes applicatifs au sein d'une organisation unique Saft localisée sous le site "Saft Worldwide".

Comme illustré par le schéma de la Figure II.23, nous avons défini par la suite trois modèles de produits et deux modèles de librairie suivant les invariants de Saft qui sont la technologie et la catégorie de produit.

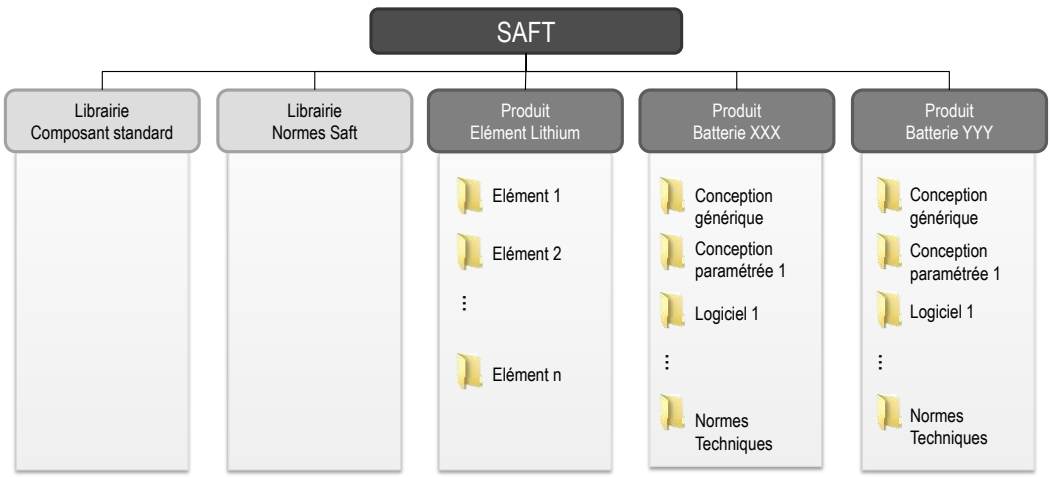


Figure II.23 - Architecture des données

Nous avons spécifié un formalisme automatique pour harmoniser la déclaration des environnements de stockage. Le titre du contexte, l'ordonnancement des dossiers et les règles d'initialisation des objets sont spécifiées par ces modèles (cf. Figure II.23). Les types d'objets gérés dans le contexte sont identifiés et les rôles métiers précisant l'équipe y sont associés.

Typologie et définition des données

L'utilisation des métadonnées, attributs de description des données, est un élément majeur dans l'identification des informations portées par chaque objet. Les natures d'objets qui évoluent dans le PLM sont :

. les données techniques dédiées à la description du produit,
. les données processus (rapports de problème, demande de modification, plan d'implémentation…) destinées à porter les processus système de l'entreprise.

Nous avons catégorisé les objets relatifs aux données techniques selon leur finalité et la nature de leur contenu (articles, documents et document CAO).

L'analyse des développements Saft a permis de mettre en avant la nécessité d'utiliser :

. un type article, élément représentatif du produit et des composants qui le constituent,
. trois sous-types de documents CAO pour gérer spécifiquement chaque format natif provenant des trois progiciels de CAO utilisés,
. 31 sous types de documents pour gérer les différents types de documents spécifiques, utilisés pour décrire le produit.

La consolidation des besoins des divers sites et corps de *métier* a permis d'établir une liste exhaustive des objets (document, CAO, image…) représentatifs des données techniques du produit Saft. Chacun des objets identifiés a été décrit par un méta-objet permettant de porter les éléments clés de définition (via les métadonnées) et le modèle de gestion approprié à l'objet considéré.

Pour chaque type et sous-type d'objet, nous avons affecté une liste de métadonnées spécifiant les détails, le cycle de vie et le workflow.

Nous avons établi six attributs appelés standards car ils sont affectés d'office à tous les objets et une liste de dix-neuf attributs spécifiques à des objets dédiés. Cette liste permet d'énumérer les métadonnées suffisantes pour caractériser l'ensemble des détails des objets.

Nous avons assuré l'homogénéité des métadonnées associées à tous les objets distincts par cette liste unique et la création de valeur d'attributs. Cette déclaration nous a permis de systématiser et d'uniformiser la déclaration des résultats.

Rôles métier

Pour établir la liste des rôles *métier,* nous avons croisé les métiers des acteurs (souvent indexés à la compétence qui leur est reconnue) avec les champs disciplinaires propres aux technologies engagées.

Nous avons vérifié que les 60 rôles *métier* identifiés reflètent bien l'ensemble des compétences techniques et opérationnelles engagées dans les phases du cycle de vie du produit (cf. Figure II.24).

Ces métiers reflètent les créateurs et les consommateurs de données et d'informations des activités de processus prises en charge par le PLM.

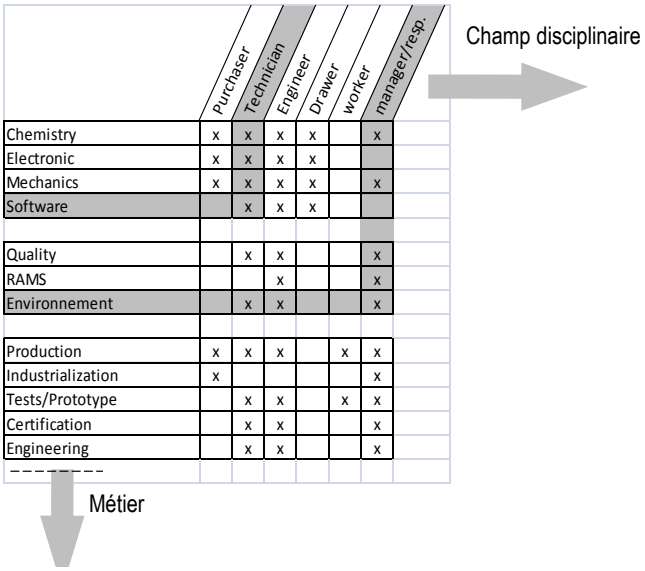


Figure II.24 - Sous-ensemble des rôles métier

Caractérisation des modèles de processus

La définition et la modélisation des processus du PLM permettent d'automatiser les règles obligatoires d'évolution et de conception de Saft.

Une équipe pluridisciplinaire a travaillé sur l'élaboration des cycles de vie et des workflows pour déterminer l'enchainement des tâches, dans et hors le PLM. En effet, la force du PLM est de guider les utilisateurs sans les priver de leur liberté.

Deux types de processus ont été définis dans la solution PLM : les processus de validation des objets et les processus transverses de gestion des modifications, gestion de configuration et gestion de collaboration.

Cycle de vie des objets Saft

Les processus de gestion de l'évolution d'objet permettent de déterminer l'ensemble des actions qui peuvent être menées sur les objets. Dans un souci d'homogénéisation du comportement des informations, nous avons opté pour un cycle de vie unique à tous les types d'objets. Les statuts applicables sont :

en cours | en validation | officiel | obsolète | abandonné.

Les autorisations d'accès attribuées pour agir sur les données ont été spécifiées par état de cycle de vie.

La totalité des droits d'accès paramétrables pour un rôle à un état de maturité d'un objet sont énumérés dans la matrice du tableau II.3.

Contrôle Total	Modifier le Contenu	Changer de Version	Définir l'Etat
Lire	Modifier l'Identité	Nouvelle Vue	Modifier les Permissions
Télécharger	Créer par Déplacement	Changer de Domaine	Supprimer
modifier	Créer	Changer de Contexte	Administrer

Tableau II.3 - Droits d'accès

A chaque statut du cycle de vie, nous affectons des droits d'accès attribués aux rôles de l'équipe du contexte.

Workflow

Au sein des états de maturité du cycle de vie défini par Saft, les actions de workflow sont définies pour chaque type d'objet. Les tâches à réaliser du workflow sont automatiquement envoyées par le système, les actions restant à l'initiative des acteurs, via l'interface, en fonction de leurs droits d'accès.

Un exemple de paramétrage est représenté sur la Figure II.25. La définition des tâches et des actions relatives aux états de maturité In work, In Validation et Released permet de comprendre l'acheminement des activités du processus de création, modification et validation d'un objet.

Dans les modèles, nous signalons la distinction entre les tâches workflow en grisé et des actions manuelles en blanc.

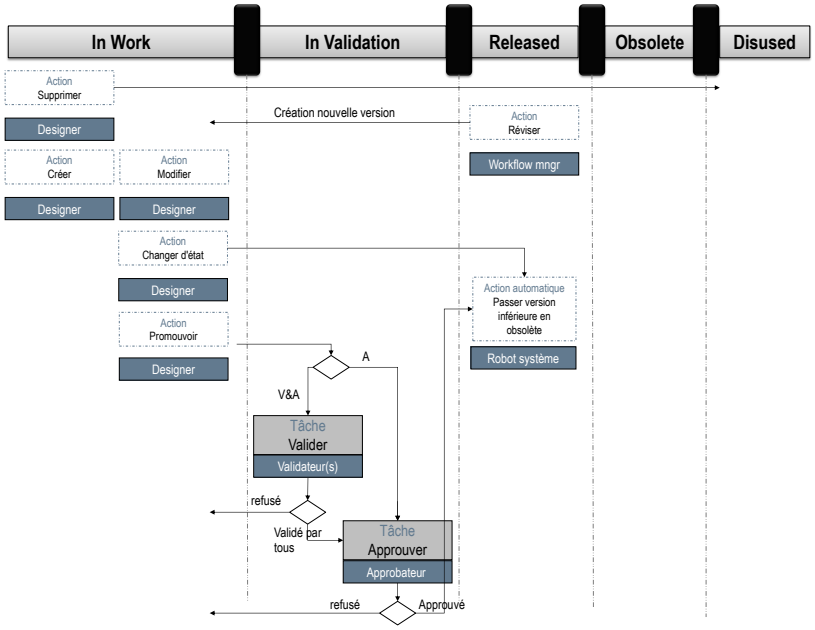


Figure II.25 - Cycle de vie et workflow de validation d'objet

Les instructions et les règles de droit d'accès des actions et tâches sont paramétrées pour chaque type d'objet. L'intitulé de ces tâches est spécifique aux activités inhérentes à la gestion de la donnée.

Les rôles workflows sont appelés responsabilité et renvoient soit à des rôles *métier* spécifiques des contextes, soit à des "team-template" qui constituent une interface entre les responsabilités et les rôles *métier* des contextes (cette fonctionnalité est détaillée au chapitre IV).

Certains documents, comme les "Quality Document", ont un workflow de validation spécifique où le cycle de validation implique automatiquement une validation et une approbation.

Cette gestion des objets permet de concilier le partage, la diffusion et la sécurisation des fichiers tout en contrôlant leur disponibilité pour les sites et les services.

La réflexion sur la définition du fonctionnement des processus support a été pilotée par la direction. Le groupe projet de définition de la gestion des modifications a été le groupe PLM Bordeaux.

Nous avons coordonné le projet pour mettre en œuvre un processus de gestion des modifications commun validé par le directeur industriel Saft.

Gestion des modifications

Les modifications sont un phénomène lourd de conséquences financières et temporelles et, pour certaines, complexes. Une modification peut aller d'un simple besoin de corriger une donnée du produit jusqu'au besoin de modifier la définition même du produit [Gzara 2000]. Le processus de gestion des modifications (PGM) vise à piloter et, surtout, à maîtriser les modifications apportées aux configurations d'un produit pour s'assurer que les demandes sont justifiées et que les modifications sont valides et conformes à toutes les exigences auxquelles le produit doit se soumettre.

Soulignons que la gestion des modifications est un processus complet que nous allons exploiter pour nos travaux de thèse.

Nous avons choisi d'employer le processus proposé par l'éditeur car, d'une part, il est proposé en standard dans l'application logicielle et, d'autre part, il est basé sur les principes du CMII [CMII 2012]. De plus, facile d'accès, sa configuration nécessite peu de paramétrages spécifiques. Le processus de gestion des modifications est structuré en trois phases clés, chacune étant supportée par au moins un objet PLM. Ces trois phases sont :

. la phase de création de la demande de modification,
. la phase d'analyse de la demande de modification et de la modification,
. la phase d'implémentation des solutions.

Nous nous sommes inspirés des principes du modèle CMII [CMII 2012] pour paramétrer les séquences de workflow proposées par PTC. Nous avons défini un standard de processus Saft qui s'adapte à tous les niveaux du cycle de vie industriel du produit.

Trois degrés de complexité sont applicables en fonction de la criticité estimée d'une modification.

. le premier degré que nous définissons comme élémentaire est une modification qui ne nécessite pas d'être supportée par le PGM. Il s'agira de révision de l'objet et de modification via le workflow de validation de l'objet (cf. §II.5.4.3),
. le second degré est une modification simple. Le PGM employé sera un processus condensé et rapide,
. le troisième degré est une modification complexe. Elle sera traitée par un processus complet de PGM impliquant plus d'activités et d'acteurs.

L'étude du degré de complexité et l'analyse du processus affecté inhérent sont détaillés dans le chapitre III, car ils constituent des éléments majeurs de la solution.

4.4.4 Discussion

L'intégration d'une solution PLM est un projet sensible car ce projet implique de nombreux processus de l'entreprise. C'est un projet également complexe à cause, d'une part, du choix des configurations à mettre en œuvre pour gérer le cycle de vie du produit et, d'autre part, de la nécessité d'accompagnement au changement car il impacte les méthodes de travail.

Le champ d'application du PLM s'étend au cycle complet de vie du produit. Ce champ est vaste et impacte le déploiement du système par la confrontation à différents problèmes de conception (granularité des modèles produit, évolution dans le temps des modèles, niveau de détails des workflows, organisation à mettre en place...).

Saft a surmonté les difficultés techniques pour définir son modèle en le construisant progressivement sur trois serveurs dédiés à supporter le développement :

. le serveur DEV : serveur de développement pour les instances de conception et de premières sessions de tests,
. le serveur TEST : serveur de réplication de la base PROD pour valider les nouveaux paramétrages sur des données fictives,
. le serveur PROD : serveur officiel de travail contenant les informations réelles de production.

Cette organisation a permis de tester les fonctionnalités et les paramétrages en base de DEV pour mettre en place des modèles paramétrés et les tester lors de "recettages", sans perturber le développement et la production des batteries. Après avoir été déclarés conformes, ces éléments ont été basculés sur le serveur PROD et, ainsi, officialisés.

Il est à noter qu'une grande attention a été portée aux actions de recettage visant à vérifier la cohérence du paramétrage instancié dans la base, via la définition et la réalisation d'un ensemble de scénarios de tests représentatifs du fonctionnement voulu. Nous avons piloté personnellement ces scénarios en assurant :

. la rédaction des supports de test,
. la réalisation des tests techniques et fonctionnels avec les acteurs métier,
. la définition des actions correctives et la vérification des corrections établies par PTC (prestataire PLM).

Le recettage revêtait une importance majeure pour le projet car il a conditionné la réception de l'outil informatique en fonction des spécifications fonctionnelles définies.

Ces processus de recette sont détaillés plus finement dans les chapitres suivants (chapitre III et chapitre IV) car leur mise en œuvre était nécessaire pour développer la solution.

Les métiers du Service Technique ont constitué les principaux acteurs impliqués dans le déploiement du PLM. En effet, leurs activités quotidiennes et la majorité de leurs outils de restitution de travail étant impactées, il était nécessaire de les faire participer à la construction et au paramétrage de l'outil. Ils ont souvent été à l'initiative de propositions pour l'amélioration fonctionnelle et la promotion des avantages de la solution mise en place. Notons, enfin, que nous avons directement mis en place des actions de sensibilisation, de formation et d'accompagnement aux utilisateurs.

5 CONCLUSION

Le patrimoine immatériel d'une entreprise est une part très importante de son capital.

Dans ce chapitre, nous avons tenu à présenter les éléments bibliographiques propres aux concepts liés à notre problématique. Nous avons choisi de détailler les thématiques du patrimoine immatériel et de la gestion des connaissances car ce sont les courants scientifiques dans lesquels se place le Retour d'Expérience. Nous avons présenté un état de l'art du REx en général et relatif à ses applications en entreprise ainsi qu'une étude du PLM pour mettre en évidence les points d'appui de notre solution.

Nous avons d'abord fait un descriptif générique des notions et de l'application du patrimoine informationnel, basé sur des travaux bibliographiques et mis en exergue les principes, les enjeux et les difficultés inhérentes à ces démarches qui visent à gérer les connaissances industrielles.
Le paragraphe sur la gestion des connaissances a permis de définir et d'introduire les différents courants de la démarche, en présentant les outils et les méthodes utilisées par les groupes de recherche et d'industriels pour créer, gérer et valoriser les connaissances du patrimoine informationnel.
Nous avons synthétisé les éléments caractéristiques de ces méthodes, pour les rapprocher des méthodologies et des outils employés chez Saft. Cette visibilité sur la gestion des connaissances identifiées dans l'entreprise met en lumière les difficultés que rencontre Saft pour la valorisation de ses savoirs.

Le Retour d'Expérience est un processus qui a fait ses preuves dans de nombreux domaines industriels. Ses principales caractéristiques en font un processus complet, robuste et accessible qui, constitué des phases de capitalisation, de traitement et d'exploitation, permet de générer des connaissances *métier*.
Nous avons souligné les détails relatifs à la mise en œuvre d'un tel processus car l'intégration technique et les aspects humains doivent être pris en compte lors du déploiement d'une telle démarche. La mise en place d'un REx devant s'inscrire dans une démarche globale, nous avons réalisé une analyse de l'existant sur plusieurs services de Saft. L'audit que nous avons réalisé auprès des acteurs de la technique nous a permis d'identifier les problématiques et les besoins de l'entreprise pour spécifier et formaliser un processus REx dédié aux connaissances produit.

Dans le dernier paragraphe, nous avons présenté le deuxième concept clé de la thèse.
Nous avons défini le PLM et le système informatique utilisé pour supporter cette stratégie d'entreprise. Les fonctionnalités essentielles qui constituent un PLM sont les éléments d'appui pour l'ancrage de notre solution REx, permettant de gérer les données et processus produit. Nous avons détaillé le projet d'implémentation de la solution Windchill® PDMLink choisie par Saft pour souligner le rôle que nous avons joué dans le projet et mettre en avant les difficultés décisionnelles, technologiques et managériales rencontrées lors des activités de déploiement.

Ces présentations des concepts clés attestent que l'exploitation des fonctionnalités du PLM pour faciliter la réalisation des mécanismes de REx est une idée prometteuse. D'une part, la faisabilité technique semble irréfutable, d'autre part, chaque processus permet de "bonifier" l'autre par la synchronisation de fonctionnalités, d'outils ou de méthodes. L'association des processus est techniquement possible et laisse place à l'inventivité de la formalisation d'une solution et à une démarche d'intégration pour aboutir à un processus REx engagé dans le PLM.

Nous avons choisi de déployer le processus REx sur le processus de gestion des modifications. La démonstration de la méthodologie est présentée dans le chapitre III pour illustrer l'engagement du processus de REx appliqué aux connaissances *tacites métier* mises en exergue lors des développements et des évolutions des produits.

Chapitre III – Système REx et connaissances implicites

1 INTRODUCTION

Nous venons d'exposer dans le chapitre II l'intérêt qu'offrent, de manière séparée, les démarches de Retour d'Expérience et de PLM pour la gestion du patrimoine informationnel. Nous avons également établi quels sont les apports naturels du PLM à la conduite d'un système REx. Nous proposons dans le présent chapitre de combiner ces méthodes afin d'allier leur avantages pour effectuer de manière efficace la valorisation de ce patrimoine immatériel. Cette association sera appliquée aux processus *métier* clés et devra permettre une amélioration des propriétés de chacune des démarches.

Dans ce troisième chapitre, nous nous intéressons plus particulièrement à la connaissance implicite engagée par les acteurs dans la conduite de leurs activités *métier* et à la valorisation de cette connaissance par sa formalisation sous forme d'expérience. Le chapitre IV prolongera cette action sur le plan de la connaissance explicite.

Dans notre démonstration, nous allons prendre pour cible d'expérience l'engagement d'acteurs principalement pour le traitement d'événements négatifs en nous appuyant sur l'application de méthodes de résolution de problèmes (PSM (Problem Solving Methods)). Sur le plan du PLM, nous allons exploiter certains workflows spécifiques dont notamment celui du processus de gestion des modifications (PGM). Le PGM que nous avons introduit dans le chapitre précédent permet de gérer l'évolution des données techniques associées au produit et de tracer l'évolution des informations techniques qui peuvent être engagées à différents niveaux du cycle de vie de celui-ci. Nous montrerons comment le PGM peut constituer un cadre opportun pour, d'une part, consolider la démarche REx et, d'autre part, faciliter la formalisation des expériences.

L'organisation REx-PLM que nous mettons en avant est une approche processus qui, rappelons-le, doit permettre de relever les défis suivants :

- capitaliser les informations générées par les expériences issues des processus métier ou de réponse,
- faciliter l'intégration de ces informations pour améliorer la performance du produit et perfectionner la structuration des processus,
- encourager l'appropriation par les acteurs.

Le chapitre est organisé en quatre paragraphes principaux au fil desquels nous décrivons et illustrons la solution de Retour d'Expérience que nous proposons et les premiers éléments de l'architecture globale dans laquelle elle s'inscrira.

Dans le premier paragraphe, nous introduisons les méthodes de résolution de problèmes (PSM) en décrivant leurs phases principales. Nous proposons des aménagements pratiques ouvrant sur une dynamique d'emploi de ces méthodes dans une forme adaptée à la problématique Saft et à une instanciation générale en contexte industriel.

Le deuxième paragraphe est consacré à l'élaboration de la fiche REx dédiée PSM et à sa prise en compte au niveau du processus correspondant du PLM. Dans une forme simple, nous assurons, là, une première forme de couplage entre les systèmes REx et PLM.

Dans le paragraphe suivant, nous montrons dans une extension importante comment prendre en compte le PSM dans le PLM tout au long du déroulement du processus de résolution. Une conséquence immédiate est la prise en charge au niveau du PLM du système REx dédié à ce type d'expérience.

Enfin, nous illustrons ces développements dans le dernier paragraphe dans le cas de la résolution d'un problème "classique" fréquemment rencontré dans le cycle produit.

2 LES METHODES DE RESOLUTION DE PROBLEMES

Le Retour d'Expérience est couramment perçu comme une approche qui permet d'apprendre de ses erreurs et d'en limiter leur répétition et, de ce fait, il apparait davantage tourné vers la considération d'événements négatifs même si une expérience forte peut aussi découler d'événements positifs.

Parallèlement, les raisonnements induits par la résolution des problèmes sollicitent souvent une part importante de connaissances, notamment, de connaissances implicites, pour traiter de manière efficiente les difficultés rencontrées. En effet, un évènement négatif pour une organisation doit être généralement traité rapidement pour l'éliminer ou en limiter les conséquences. Le plus souvent, la recherche d'une (de) solution(s) s'accompagne d'un engagement important des acteurs et de leurs connaissances, particulièrement sollicités dans ces contextes de "crise".

La résolution de problèmes est un processus d'amélioration continue permettant de mettre en œuvre des méthodes et des outils adaptés au traitement et à la résolution d'événements négatifs.

La littérature est riche en méthodes de ce type : PDCA, ADC, ADF, 5D, PSDM, 8S..., méthodes qui visent toutes l'application d'un ensemble de bonnes pratiques et qui, même anciennes pour certaines, sont reconnues aujourd'hui comme un vecteur de développement de systèmes à base de connaissances et de réutilisation de ces connaissances. Nous trouvons, par exemple, dans [Avrillon, 2005], [Chauvel 2006] et [Arnould et al, 2008] un panel de ces méthodes et outils pour améliorer les performances de l'entreprise au travers de la résolution de problèmes.

Nécessitant souvent la consolidation d'une équipe de travail interdisciplinaire agissant pour cet objectif commun de résolution de problème, ces méthodes sont supportées par des processus formels et représentent un réel guide de travail pour les équipes. La participation collective et constructive d'experts *métier* y est primordiale. En effet, elle permet une vision suffisamment large pour cerner et éprouver les causes *racine* et l'expression d'idées ouvertes, critiquées en groupe pour avancer et construire une solution répondant aux diverses préoccupations des acteurs engagés.

Notre proposition est de prendre directement pour cible d'application du REx le(s) processus support des PSM (Problem Solving Methods) que nous mettrons en œuvre pour la résolution des problèmes. L'instrumentation REx de ce(s) processus permettra de bénéficier des mécanismes ordonnés du processus dans une phase d'activation forte des connaissances *métier* engagées pour assurer une résolution pertinente et optimum.

2.1 INTRODUCTION AUX PSM

D'une manière générale, la caractérisation du problème, l'identification des causes *racine*, l'explicitation de solutions curatives et/ou correctives et leur déploiement sont les quatre phases interactives des processus de résolution de problèmes. Elles constituent l'expérience de résolution d'un problème.

Nous proposons de valoriser l'apprentissage de ces expériences par l'instrumentation efficace des outils et des méthodes spécifiques engagés pour stimuler et structurer le raisonnement des acteurs dans ces quatre phases.

Les PSM jouent un rôle important pour l'expression des connaissances implicites dans les processus d'ingénierie engagés pour la résolution de problèmes. Néanmoins, leur mise en pratique rencontre certains freins. Un premier écueil est l'existence d'un panel conséquent d'outils qui peut être difficile à appréhender. En effet, ces outils d'amélioration continue, nombreux et variés, ont une finalité et un niveau de complexité propres et il peut être difficile de dégager celui (ceux) le(s) plus adapté(s) à la situation à traiter. Le même constat peut être établi par rapport à la multitude de méthodes de PSM.

Différents travaux traitent du développement ou de l'application des PSM en contexte industriel. En effet, l'essor récent des approches Qualité et de Lean Management a remis au goût du jour tout un ensemble de méthodes et d'outils, basés sur le bon sens et centrés sur l'amélioration continue.

La plupart des méthodes décrites mettent en œuvre des mécanismes d'inférence simples qui permettent d'abord d'appréhender et d'expliquer la situation étudiée puis d'élaborer la réponse adaptée. Certaines méthodes se limitent à la phase d'analyse, d'autres sont centrées sur la recherche de solutions. Nous donnons ci-après quelques illustrations d'outils, dont certains seront repris en entreprise, sans prétendre évidemment à l'exhaustivité.

Notons, en préambule, que la résolution d'un problème peut être schématiquement vue comme la définition et l'application d'une "trajectoire" permettant de passer d'un état initial dont les performances ne sont plus ou pas acceptables (état défaillant, anomalie) à une situation nouvelle, choisie et souhaitée consciemment dont les performances décrites dans les objectifs à atteindre, sont à minima satisfaisantes ou répondent à l'état initial.

Le problème est défini par la situation initiale et le but (état à atteindre). Sa complexité peut résulter de facteurs tels que : 1) le périmètre du problème, c'est-à-dire les services et activités internes et/ou externes impliqués dans la constitution des performances actuelles, 2) la nature des objectifs (retour vers un état connu, définition d'un nouvel état...), 3) la "distance" entre les performances actuelles et celles des objectifs, 4) la méconnaissance des actions devant être déployées pour former la trajectoire permettant d'atteindre la cible.

L'analyse des causes ayant conduit à la situation de départ est une phase clé de la résolution. Elle permet de guider le choix des actions à entreprendre, notamment si le but est de restaurer un état antérieurement occupé (déviation de trajectoire). Parmi les premières méthodes, orientées vers la recherche des causes *racine*, plusieurs outils basiques de la qualité sont bien implantés en entreprise.

Le"QQOQCPC".

Outil de collecte et de critique des informations, l'approche "QQOQCPC" permet d'explorer rapidement et de caractériser un problème, via les interrogations systématiques : *Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? Combien ?* qui permettent d'avoir sur toutes les dimensions du problème, les informations suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Cet outil simple risque d'aboutir à des résultats subjectifs s'il est utilisé par un acteur seul ; l'approche est bonifiée dans un cadre d'emploi collectif.

Le couplage avec la grille de questionnement "Est – N'est pas" [Kepner et al, 1980], portant sur les faits du problème, renforce les questionnements du "QQOQCPC", permet d'affiner la description en dissociant, parmi des éléments similaires, ceux concernés par le problème de ceux non concernés.

Le "5P" (5 pourquoi ?).

L'outil 5P ou (5 Why) renforce souvent l'application du QQOQCPC, toujours dans l'analyse et la compréhension des causes d'un problème en permettant, par itérations de *Pourquoi*, de remonter progressivement des causes visibles d'un problème, vers la ou les causes racines. A chaque *Pourquoi,* plusieurs causes sont proposées, causes qu'il faut vérifier par des mesures sur le terrain afin de s'assurer de leur véracité (approche factuelle). En fonction des mesures obtenues, certaines causes sont écartées et d'autres sont conservées et font l'objet du prochain *Pourquoi.*

Les 5P s'appliquent également en appui de la méthode des 5G pour l'analyse du terrain (Gemba). Le 5G (Gemba - *terrain*, Gembutsu - *observations*, Genjitsu - *réalité*, Genri - *théorie* et Gensoku - *standards opérationnels*) est une méthode japonaise de résolution de problèmes, centrée sur la confrontation entre les concepts et la pratique ou la réalité de terrain.

Le diagramme d'Ishikawa [Chauvel 2000].

La méthode des 5M (diagramme d'Ishikawa ou diagramme de causes et effet) permet de représenter de manière structurée les différentes causes possibles d'un problème suivant une partition en cinq classes : *matière, milieu, méthodes, matériel* et *main d'œuvre*. La particularité de ce diagramme est de proposer cinq classes indépendantes qui constituent un référentiel de communication commun pour tous.
Pour la recherche des causes dans les projets ou les services, il existe une extension à 7M intégrant les classes *management* et *moyens financiers*.

La méthode "RPR" (Rapid Problem Resolution) [Offord 2011].

RPR est une méthode de diagnostic, plutôt utilisée dans le domaine informatique, spécifiquement conçue pour déterminer la cause première d'un problème. Composée de trois phases principales, la méthode est centrée sur la création et l'exécution d'un "plan de capture" des données aidant au diagnostic. Elle permet d'établir toutes les activités nécessaires aux investigations sur le problème conduisant au diagnostic et à l'identification de la cause première.

Dédiée aux causes techniques d'un problème informatique, la méthode ne traite qu'un symptôme à la fois. Un avantage est sa mise à jour régulière et sa mise en cohérence avec les prescriptions du référentiel ITIL v3 (Information Technology Infrastructure Library).

Le diagramme Pareto.

Ce diagramme permet de hiérarchiser les phénomènes par ordre d'importance suivant un critère donné et d'exposer visuellement, à l'aide d'un histogramme, l'impact de chacun. La méthode ABC affine cette présentation avec un regroupement de ces phénomènes suivant trois classes correspondant respectivement à 80% d'importance dans la situation observée (A), 15% (B) et 5% (C). Ces diagrammes constituent un solide appui pour la prise et la justification de décision.

Le Brainstorming.

Le Brainstorming est une approche classique de recherche d'idées en groupe utilisée pour identifier les causes possibles d'un problème ou les solutions envisageables. Sur la base d'une composition de groupe de travail respectant des principes collectifs favorables à la créativité, le principe général est d'émettre spontanément le maximum d'idées possible sur le sujet étudié sans retenue et en les notant toutes pour servir de base ensuite à la qualification de certaines.

Cette approche peut être employée dès que l'on souhaite impliquer un groupe dans la construction d'une solution commune lorsqu'il est utile de produire des idées en laissant très ouvert le champ des possibilités. On peut l'utiliser avant un diagramme de causes et effet.

La matrice de décision.

La matrice de décision est un outil permettant à un groupe d'acteurs de hiérarchiser et de choisir les solutions optimales à un problème donné à partir d'un référentiel commun d'évaluation. Cette notion de référentiel commun, composé des critères discriminants à considérer est un élément clef dans la construction de la décision. Ainsi, l'outil est animé en travail d'équipe en deux temps :

. établir le référentiel d'évaluation : identifier les critères considérés clés de chaque participant impliqué dans la résolution et les pondérer,

. sélectionner la ou les solutions : évaluer individuellement les performances de chaque solution, recueillir les scores, faire un classement et en discuter en groupe pour aboutir à un consensus.

Nous ne développons pas plus ces outils mais soulignons que de nombreuses autres approches, conservant globalement les mêmes principes, sont en application courante en entreprise.

La plupart de ces outils visent une représentation du problème qui, rappelons-le, revêt dans une forme générale deux aspects : 1) une ou des interprétations des éléments de l'état initial, 2) une définition des objectifs que l'on se fixe par rapport à cet état initial.

Notons que les objectifs peuvent comporter des éléments comme : ne pas faire telle action, ne pas passer par tel état... et que ces éléments font, eux aussi, partie de l'apprentissage sur la résolution du problème traité.

Pour Richard [Richard 1997], la représentation du problème induit l'espace du problème, défini par ces mêmes éléments :

. la description de l'état initial,

. la description des performances à atteindre (les objectifs) qui permettront de déclarer le problème résolu,

mais, aussi, par la déclaration des actions licites susceptibles d'être mises en œuvre pour atteindre ces performances.

Une action licite peut être assimilée à un opérateur faisant évoluer la situation étudiée d'un état initial vers un état résultat. L'application à l'état initial des actions licites puis à tous les états ainsi générés définit l'ensemble des états possibles qui forment cet espace du problème ; c'est l'espace de recherche de la ou des solutions conduisant au but.

Soulignons encore que la difficulté de résolution d'un problème est fréquemment liée à une mauvaise interprétation de l'état initial ou à une mauvaise définition des objectifs (en accord avec l'adage "Un problème bien posé est à moitié résolu !"). Il est facile d'imaginer les difficultés qui peuvent être rencontrées dans ces situations pour élaborer la trajectoire entre l'état initial et le but.

Certaines méthodes de résolution de problèmes sont axées sur cet établissement des objectifs. C'est, par exemple, le cas de l'outil SMART.

L'outil SMART.

C'est une méthode d'analyse qui permet de s'assurer que les objectifs que l'on est en train d'établir sont convenablement spécifiés, i.e. qu'ils sont cohérents, réalistes et en adéquation avec la capacité des personnes qui vont être impliquées à les atteindre.
La méthode est formée d'une suite de questionnements qui aident à établir ces objectifs. Un objectif doit être :

Singulier : défini une seule fois (après accord) et de manière positive,
Mesurable : quantifié par un indicateur mesurable et défini par une valeur cible (i.e. indicateur(s) associés),
Approprié : correspond au périmètre des acteurs concernés,
Réaliste : pouvant être atteint par les acteurs tout en représentant un challenge,
Temporel : défini par une date de fin.

D'autres méthodes prolongent les méthodes précédemment illustrées sur les phases de recherche et de mise en œuvre de(s) solution(s). Plus complètes par leur champ de couverture, elles s'appuient souvent sur les méthodes précédentes pour la recherche des causes racine ; elles restent généralement d'un niveau de complexité peu marqué.
A partir des représentations de l'état initial et des causes *origine*, elles permettent de construire des plans d'actions pour satisfaire les objectifs assignés.
Il est intéressant de consigner que la planification est une forme d'élaboration d'objectifs intermédiaires à atteindre. C'est évidemment un moyen très efficace pour réduire de façon marquée l'espace de recherche de la solution. Là encore, nous ne consignons que les méthodes usuelles à large audience.

La méthode PDCA [Chardonnet 2003].

La méthode PDCA (Plan/Do/Check/Act) est une méthode de la qualité qui illustre parfaitement les principes d'amélioration continue ; elle comprend quatre phases, chacune entrainant l'autre, formant un cycle à l'issue duquel sont réitérées toutes les actions précédemment menées. Ce cercle vertueux est explicitement illustré par la roue de Deming.

La méthode 8D [Ford 1989].

La méthode 8D (8 Do) est une approche structurée de résolution de problèmes en équipe, dans une forme collaborative, visant à systématiser le processus de résolution afin d'éviter la réapparition du problème. Elle comprend les huit phases (disciplines) suivantes :

. définir le groupe de travail,
. décrire le problème,
. endiguer les effets et mettre en œuvre les actions de premières urgences,
. identifier et éprouver les causes racines du problème,
. concevoir les actions curatives et correctives à mettre en œuvre,
. déployer et valider les actions sur le terrain et valider l'atteinte des objectifs fixés,
. standardiser les actions déployées et capitaliser sur l'expérience,
. auditer sur le terrain, clore la résolution et valoriser le groupe de travail.

Selon nous, la méthode 8D synthétise bien l'ensemble des préconisations qu'apportent, de manière souvent parcellaire, la plupart des méthodes et des outils rencontrés. La méthode développe toutes les phases significatives de résolution d'un problème complexe. La plupart des autres outils PSM évoqués s'inscrivent pour partie à l'intérieur de phases de cette méthode "globale".

Soulignons encore que l'application de la méthode 8D correspond parfois à la seule élaboration d'un "livrable" pour le client pour simplement satisfaire une exigence de ce dernier (c'est aussi souvent le cas pour la méthode AMDEC que nous évoquons plus loin) et que cette systématisation d'application peut conduire à un affaiblissement de la pertinence d'étude.

Des mécanismes de décision sont impliqués aux principales phases de ces méthodes. Il faut souligner l'effet sur la décision de la *focalisation attentionnelle* sur les propriétés de la situation analysée ; les acteurs du groupe de travail basent essentiellement leurs raisonnements et leurs décisions sur ce qui est explicitement présent dans leur représentation des problèmes. Les informations, connaissances et idées présentes dans le modèle pèsent donc bien plus dans les raisonnements et la décision que les hypothèses exclues de ce *champ attentionnel* et dont l'influence sur la décision est bien plus faible [Raufaste 1999].

Des méthodes existent pour aider la prise de décision. Citons seulement la matrice de compatibilité de large diffusion dans les entreprises.

La matrice de compatibilité.

La matrice de compatibilité permet de sélectionner, parmi plusieurs solutions, celles qui sont les mieux appropriées à un contexte, sur la base de certains critères prédéfinis. Il s'agit de mesurer jusqu'à quel degré chacune des solutions proposées est compatible avec les objectifs de résolution.

La matrice permet de classer des items (opinions, causes potentielles...) entre eux selon des critères préalablement définis. Cette mise en relation peut être binaire (oui (1)/non (0)) ou suivre une échelle de valeur plus détaillée (par exemple, total accord (3)/ bien (2)/ acceptable (1)/ ne correspond pas (0)) et peut accepter une pondération sur les critères, pour fournir au final une notation permettant le classement des items. La méthode est proche d'un vote pondéré.

Enfin, notons l'application courante de certaines méthodes et outils de la sûreté de fonctionnement et de la gestion des risques telle la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) qui s'appuie sur un raisonnement inductif (causes conséquences) pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leur criticité. Citons aussi la méthode de type déductif de l'arbre des causes, similaire à la méthode FTM (Fault Tree Method) qui permet de considérer les combinaisons d'événements pouvant conduire à la situation redoutée ou constatée.

La mise en place chez Saft du processus d'amélioration continue (projet Saft World Class) s'est accompagnée de l'édition d'un recueil de méthodes et d'outils de la Qualité "recommandés" dans les services internes. Parmi ceux-ci, figurent au niveau des appuis à la résolution de problèmes : le Brainstorming, le 5 Why, le QQOQCPC, le PDCA, les diagrammes Pareto et Ishikawa, le 6_Sigma et la méthode 8D, assez régulièrement utilisés dans les services.

Selon la complexité du problème, le niveau d'analyse requis et, de manière corrélée, celui des connaissances nécessaires, le "potentiel" du processus PSM à engager peut être différent (spectre d'investigation, importance des moyens engagés, durée de traitement…). La finesse des traitements et le niveau d'abstraction considéré influent évidemment sur le nombre de tâches effectives du PSM et sur le niveau d'implication des experts *métier*.

Néanmoins, nous pouvons considérer dans une forme générique que le processus PSM comporte quatre phases principales comme nous le présentons sur le schéma de la figure III.1.

Dans le cadre de ce mémoire, nous utilisons le formalisme de modélisation BPMN (Business Process Modeling Notation) pour représenter les processus que nous décrivons. Les principaux éléments de formalisation sont présentés dans l'annexe A1 en fin de mémoire. Le BPMN, initialement établi pour l'analyse des processus peut être étendu aux activités d'implémentation et de gestion des processus.
Nous résumons ci-après ces phases que nous avons dégagées de l'analyse des diverses démarches proposées dans la littérature.

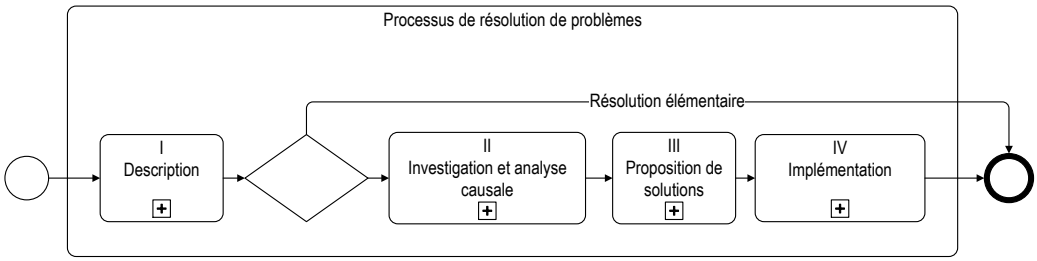


Figure III. 1 - Processus de résolution de problème

La phase "Description du problème" consiste à localiser et à caractériser l'évènement dans son contexte en vue de cerner et d'évaluer le problème.
Les éléments caractéristiques de la démarche sont les outils de collecte et de description du problème permettant, d'une part, de délimiter le périmètre de celui-ci et, d'autre part, d'en analyser la gravité et la récurrence afin d'estimer l'importance à accorder au problème. Les résultats du traitement de ces informations conditionneront le choix de méthodologie de résolution.
Au cours de cette phase, il est possible de mettre en place une première action curative pour répondre à une situation d'urgence. Dans ce cas, cette action sera explicitée et documentée dans la description du contexte.

La phase "Investigation et analyse causale" vise à identifier les éléments perturbateurs, à l'origine de la dérive pour détecter et comprendre la ou les causes racines. Les causes sont étudiées et explicitées à partir d'une analyse factuelle, souvent des mesures sur le terrain.

La phase "Recherche et proposition de solution" est dédiée à l'établissement de la solution. Elle comprend l'étude des solutions potentielles, l'analyse de leur pertinence et la sélection des solutions. Des tâches décisionnelles jalonnent cette phase pour développer et approuver la ou les solutions définitives.

La phase "Implémentation et suivi du plan d'action" consiste à planifier les activités de résolution et à suivre leur déroulement. Elle se termine par la validation des actions, la vérification de l'obtention des performances attendues et la clôture officielle de la résolution.

2.2 DESCRIPTION DU PROBLEME

Tout problème relatif au produit doit être traité efficacement car il induit très souvent des coûts conséquents pour l'entreprise. Aussi, la première phase, certainement la plus importante, est bien de comprendre le problème pour déployer une méthode adaptée à sa résolution. Ce choix est important car il conditionne les outils qui seront mis en œuvre pour élaborer la solution ainsi que les experts impliqués dans le processus.

Un problème sera caractérisé par divers attributs descriptifs, caractéristiques du "système" en cause, de l'organisation, du service et du domaine d'application concerné. Nous privilégions l'établissement d'un diagnostic basé sur l'analyse de ces facteurs pour orienter la résolution.

Nous proposons le processus que nous présentons ci-après.

Le problème est décrit par le témoin.
L'anomalie doit être suffisamment caractérisée pour que sa compréhension et son analyse soient assimilées par le pilote (expert). Sa retranscription doit correspondre à :

- une description claire, compréhensible et complète du contexte et du problème,
- une restitution neutre du témoin sur la description des faits,
- une acquisition des données quantifiant ou qualifiant la dérive et ses conséquences,
- une saisie des informations suffisantes pour l'analyse des causes,
- une communication adaptée entre le témoin et l'administrateur.

Soulignons que cette restitution du problème et de son contexte par le témoin doit être suffisamment fournie pour permettre à l'expert compétent d'envisager, toujours sur le plan de la complexité, l'incidence et les conséquences sur les processus parallèles.

Le diagnostic est fait par le pilote, identifié selon le domaine d'application du problème.
La difficulté de diagnostic peut être la conséquence de la complexité et de la criticité du système en cause, de ses propriétés propres et des interactions potentielles avec un autre système.
Sur la complexité d'un problème, Hosotani intègre les critères de "solution connue/solution inconnue" avec ceux de "cause connue/cause inconnue" pour l'établissement de celle-ci [Hosotani 1994]. Bien qu'importants, ces éléments ne suffisent pas toujours pour caractériser l'importance de la complexité d'un problème industriel. Celle-ci peut être aussi induite par le degré d'interaction du système avec les services et d'autres systèmes.
La criticité est fortement influencée par la complexité. Dans l'industrie et, plus spécifiquement, en production ou développement, la criticité est évaluée suivant :

Criticité = Fréquence x Gravité [AFNOR Editions 2012]

dans une forme voisine de celle de la mesure du risque.
La fréquence est conditionnée par la taille (le volume) de la cible et la fréquence d'exposition de la cible au "danger". Elle pourra être assimilée à la probabilité d'occurrence de l'événement. La gravité correspond à la dégradation des performances internes ou externes occasionnée par l'apparition de l'événement. Elle peut s'appuyer sur les coûts, l'impact client, la tenue des délais, le niveau d'urgence, les dégâts matériels potentiels, l'arrêt de production, la quantité, la technique, la performance, la sécurité…

Ces deux notions sont maitrisées par l'expert en charge d'établir le diagnostic. Sa connaissance de l'environnement du problème doit lui permettre une perception réaliste de la situation aboutissant à un niveau de criticité représentatif du problème.

Le niveau déclaré de complexité et de criticité conditionne l'établissement du diagnostic.

Dans cette analyse, les connaissances du pilote lui permettent un premier niveau de maitrise du problème. Il établit le diagnostic suivant le cheminement représenté sur le schéma de la figure III.2.

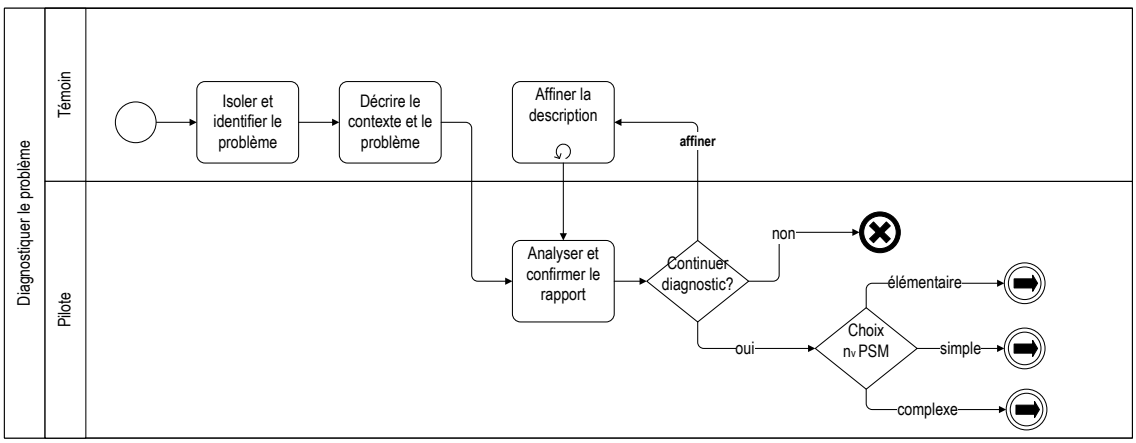


Figure III. 2 - Processus d'établissement du diagnostic

Cette première phase du processus PSM sera commune aux différentes méthodes utilisées par Saft.

Il faut bien souligner que le processus d'établissement du diagnostic sous-tend une prise de décision :

- stratégique : s'orienter vers la complexité de résolution adaptée au problème,
- technique : mettre en œuvre les outils adaptés,
- opérationnelle : proposer une méthode appropriée aux utilisateurs.

Cette décision est résumée sur le schéma de la figure III.2 par le "Choix du niveau de PSM" qui induira un scénario particulier de résolution. Nous développons cet aspect dans le paragraphe suivant.

2.3 APPLICATION PSM CHEZ SAFT

Nous privilégions l'articulation de trois scénarios dans l'approche générique PSM pour Saft. Cette articulation permettra d'adapter la méthode de résolution au traitement des problèmes élémentaires, des problèmes simples et des problèmes complexes. Nous avons étudié les modes de résolution propres à chacune de ces classes de problèmes et élaboré les trois workflows de réalisation ci-après.

2.3.1 Résolution élémentaire

Le mode de résolution élémentaire est choisi par le pilote du processus dès lors qu'une solution évidente est identifiée à l'issue de la déclaration et de l'analyse du problème. Par ce mode, il supervise instantanément une résolution simple à mettre en œuvre qui ne perturbe pas les flux.

Un problème élémentaire est totalement identifié par les caractéristiques suivantes :

. anomalie, causes et conséquences identifiées,

. traçabilité suivie et sans récurrence,

. résolution instinctive ou évidente.

Nous illustrons sur le schéma de la figure III.3 le processus de résolution associé.

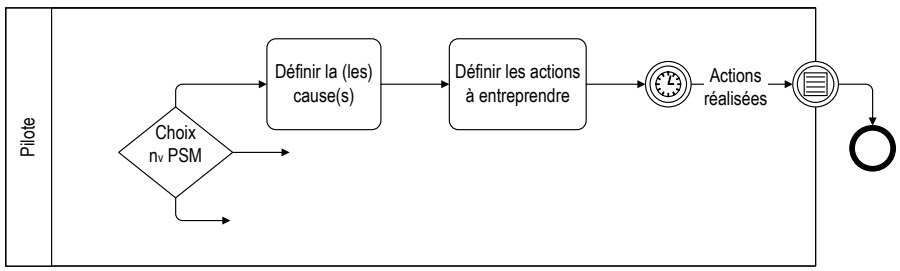


Figure III. 3 - Processus de résolution de problèmes élémentaires

De tels problèmes sont souvent liés à des dysfonctionnements isolés dans un processus. De nature mineure, ils sont généralement la conséquence d'une erreur d'application d'une procédure ou d'une erreur, en amont, dans la définition d'une méthodologie. Dans les deux cas, cette erreur mineure est immédiatement rectifiable, sans déclassement du produit.

La résolution d'un problème élémentaire et sa clôture sont directement effectuées par le pilote.

2.3.2 Résolution simple

Une résolution simple est mise en œuvre lorsque le problème est peu critique et de complexité maitrisée.

Un problème simple est caractérisé par le pilote par les critères suivants :

. anomalie et conséquences identifiées,

. causes *racine* supposées,

. proposition de solution simple,

. résolution supportée par la mise en œuvre d'outils qualité de premier niveau [Chauvel 2006].

Le pilote est responsable de la mise en œuvre de la résolution qui suivra le processus décrit sur le schéma de la figure III.4.

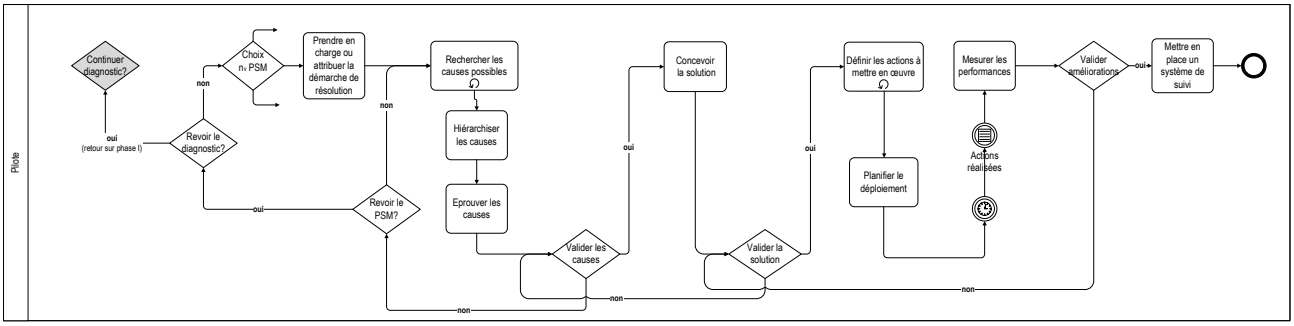


Figure III. 4 - Processus de résolution de problèmes simples

Les problèmes simples sont maitrisables et leur dérive est canalisée. La résolution de ce type de problème est menée de façon autonome par le pilote ; elle reste dans son périmètre d'action. Il peut recueillir des conseils du "responsable PSM" au niveau global *entreprise*. Il est garant du déroulement des tâches et gère la contribution des experts dont il peut solliciter l'appréciation dans la réalisation des phases II, III et IV.

Il restitue et émet les décisions relatives aux délais, coûts ou qualité de mise en place de la résolution.

Il assure enfin la mise en place d'un système de suivi et clôt le problème.

2.3.3 Résolution complexe

Un problème complexe est identifié par les critères suivants :

. anomalie et conséquences non totalement identifiées et/ou graves ou à risque,

. ignorance des causes racine et des solutions potentielles,

. conséquences et résolution coûteuses ou interférant plusieurs domaines.

Dirigée par le pilote, cette résolution fait l'objet d'une composition d'équipe constituée d'experts *métier* dont les tâches sont clairement identifiées. Nous rappelons ici l'importance donnée par les méthodes PSM à la valorisation de la créativité pour la recherche des causes et des solutions.

La résolution complexe d'une anomalie est réalisée suivant le processus donné sur le schéma de la figure III.5.

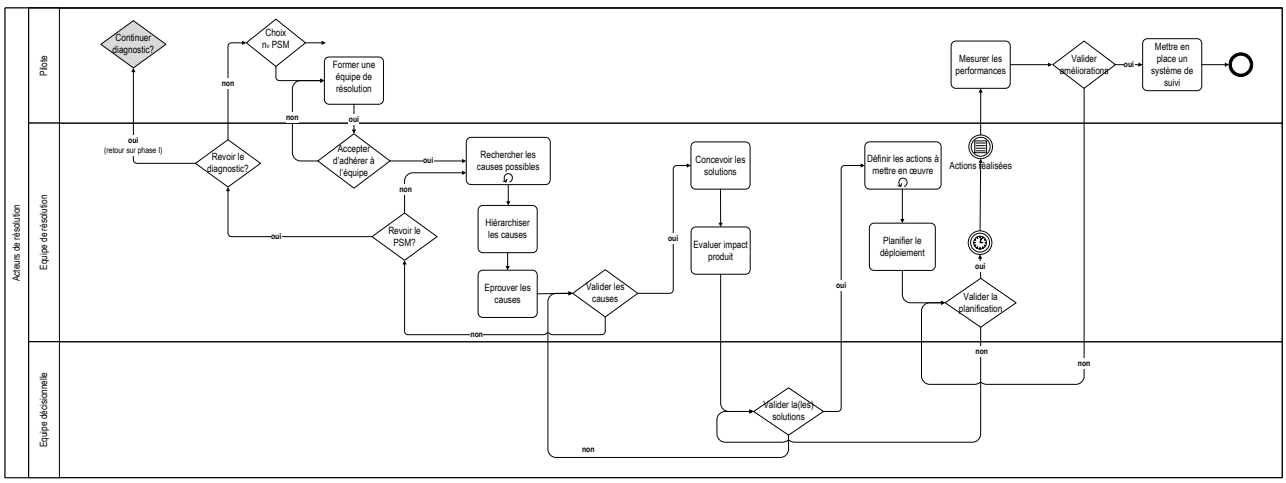


Figure III. 5 - Processus de résolution de problèmes complexes

Les problèmes complexes impliquent la prise en compte et la gestion de plusieurs paramètres parfois antinomiques. De plus, le choix de solution est susceptible d'impacter les "caractéristiques" du produit. Aussi, la validation des choix de résolution est prescrite par un comité d'experts décisionnels qui valide au fur et à mesure les propositions des experts *métier*.

Ce processus comporte un nombre important de phases. Celles-ci conduisent à la proposition d'un planning de travail nécessaire à l'étude des conséquences engendrées par les coûts, l'augmentation des délais ou la modification des processus de travail.

2.3.4 Combinaison des méthodes

Un écueil important au choix de la méthode de résolution de problème est que la complexité de ce dernier n'est souvent pleinement perçue qu'au cours de sa résolution. Une conséquence peut être la nécessité de basculer, en cours de traitement, vers une méthode de résolution plus adaptée.

Malgré la diversité de méthodes et d'outils voués à la résolution de problèmes, la littérature ne propose pas, à notre connaissance, de méthodologie à plusieurs niveaux de complexité permettant le basculement, en cours du traitement, d'une méthode de résolution simple vers une plus complexe (et plus puissante) ou inversement.

Nous avons considéré ce problème dans son adaptation à la situation de Saft.

Globalement, plusieurs scénarios de chainage ou, plutôt, de basculement sont envisageables :

1) la remise en cause, au cours du processus de résolution, de la méthode engagée et la reprise de tout le traitement à partir d'une autre méthode plus adaptée à la complexité révélée.

Le basculement peut être fait depuis n'importe quelle phase de la méthode initiale vers la première phase de celle qui lui est substituée. Ces scénarios que nous illustrons par les schémas (a), (b) et (c) de la figure III-6 correspondent essentiellement aux situations où la complexité s'est révélée plus importante,

2) la substitution, en cours de processus, des phases non encore réalisées par celles d'une autre méthode plus adaptée. Nous illustrons ce type de scénario sur les schémas (d) et (e) de la figure III.6 ; ces situations correspondent principalement aux cas où la complexité s'est révélée moins importante,

3) l'aiguillage depuis la phase I vers les phases aval de la méthode la plus adaptée. Cette situation, illustrée par le schéma (f) de la figure III.6, suppose une phase I générique, suffisamment renseignée pour permettre l'ancrage aval de n'importe laquelle des méthodes susceptibles d'être engagées (résolution élémentaire, simple ou complexe).

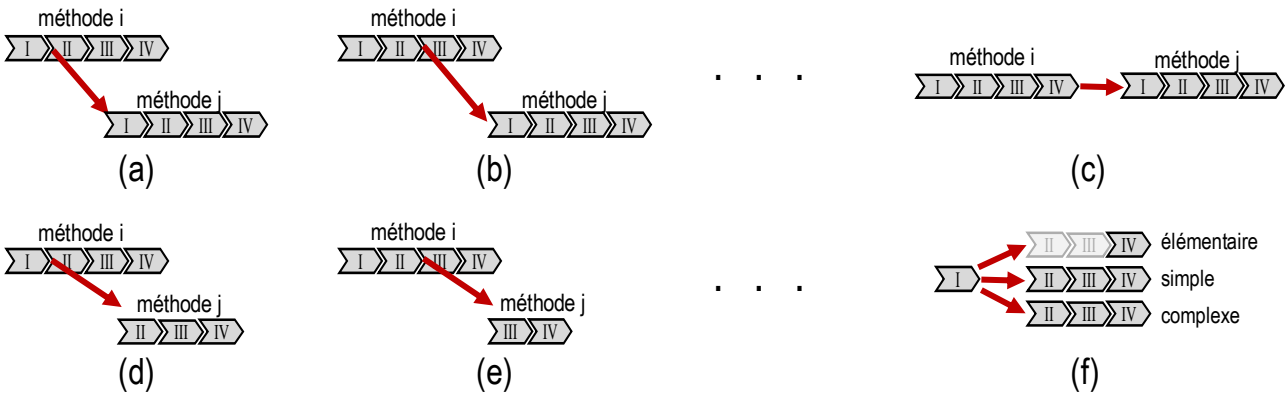


Figure III. 6 - Chainage de méthodes de résolution de problème

Nous avons pris en compte ces différents scénarios dans une organisation globale du processus PSM permettant un basculement entre les méthodes support de ces trois modes de résolution. Nous précisons son déroulement sur le schéma de la figure III.7.

Nous avons superposé sur le schéma de la figure III.7a, les différents processus de résolution de problèmes, quel que soit leur niveau de complexité, afin de donner une vue générale du processus PSM.

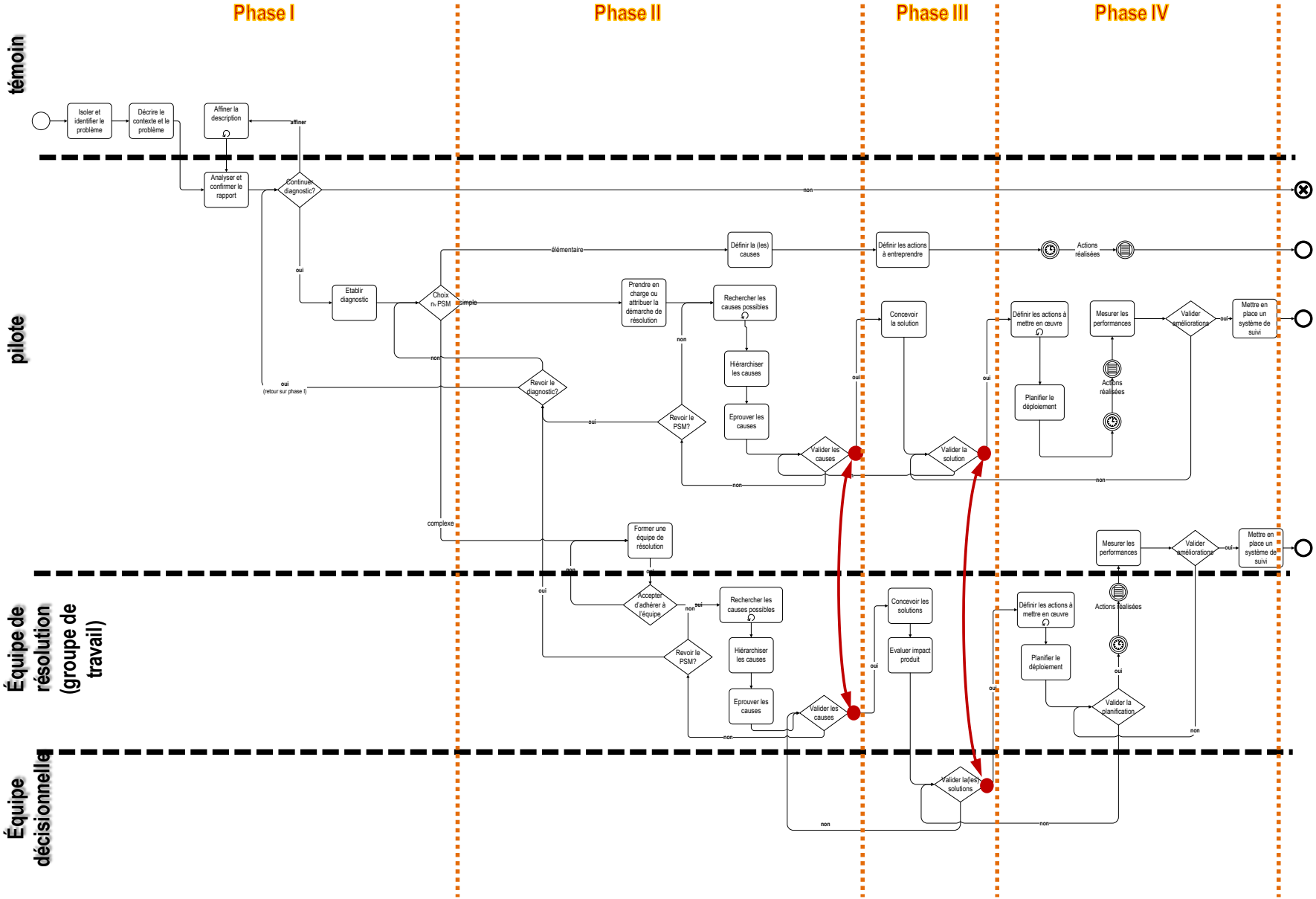


Figure III. 7 - Méthodologie générale de résolution de problèmes

Nous retrouvons sur ce schéma les trois workflows de résolution (chacun développant les phases II, III et IV du PSM) en aval du workflow du diagnostic (correspondant à la phase I) et qui fournit, nous le rappelons, une première information sur la "criticité" et la complexité perçues du problème.

Le scénario usuel qui, à partir de cette criticité, correspond à l'application d'une méthode de résolution de problème élémentaire, simple ou complexe, sans remise en cause de la méthode, est directement donné par chacun des workflows, avec possibilité de reprise de certaines phases du PSM (schéma (f) de la figure III.6).

Les autres situations de chaînage entre méthodes de résolution sont également prises en compte dans le modèle.

Les scénarios représentés par les schémas (a), (b) et (c) de la figure III.6 conduisent à la remise en cause totale du PSM engagé et sont directement matérialisés sur le schéma global de la figure III.7 par les flux de retour successifs vers la phase I (chaînage arrière des flux de reprise).

Les scénarios plus complexes de changement de méthode, en cours de processus, pour la résolution de la phase suivante, illustrés par les schémas (d) et (e) de la figure II.6 s'inscrivent dans le modèle global de la figure III.7 via les activités "Validation des causes" et "Validation des solutions" qui constituent des passerelles entre les workflows (flèches rouges sur le schéma).

Sur la base de la connaissance qu'elles ont obligatoirement du problème, au moment de cette validation, les instances de validation (pilote, équipe de résolution ou équipe décisionnelle) peuvent orienter la suite du processus de résolution vers une méthode plus adaptée, plus simple ou plus fouillée.

Pour faciliter l'utilisation de ces résultats pour la suite de notre démonstration, nous avons représenté sur le schéma de la figure III.8 le modèle complet de résolution dans une forme simplifiée. Nous distinguons sur ce schéma les quatre phases principales et différentes sous-phases pour lesquelles nous allons considérer les activités correspondantes et les outils support potentiels.

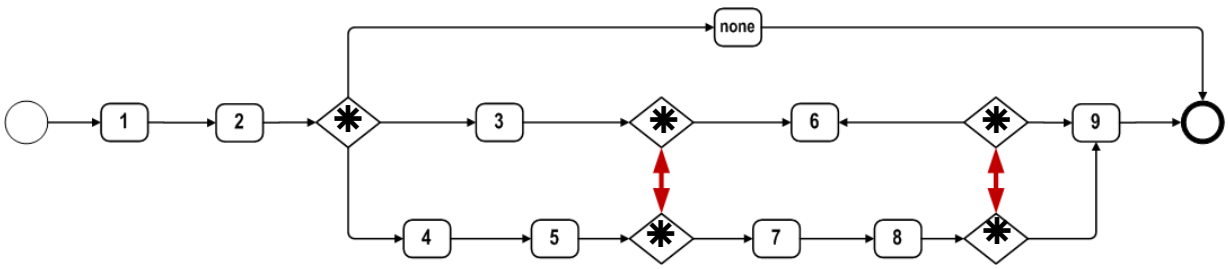


Figure III. 8 - Méthodologie de résolution de problèmes (graphe simplifié)

L'application du processus PSM générique est supportée par des outils et des méthodes de travail de la base WorldClass Saft (présentée dans le §II-2.3.1 du chapitre précédent), en correspondance avec les besoins spécifiques de la résolution.

Nous présentons ci-après, dans le tableau III.1, le détail des sous-phases et plusieurs outils usuels susceptibles d'être employés comme support. Nous nous sommes appuyés pour établir cet état sur un tableau descriptif de Chauvel [Chauvel 2005] étendant sa représentation aux différentes activités que nous avons établies et, surtout, intégrant à ce tableau notre proposition d'outils.

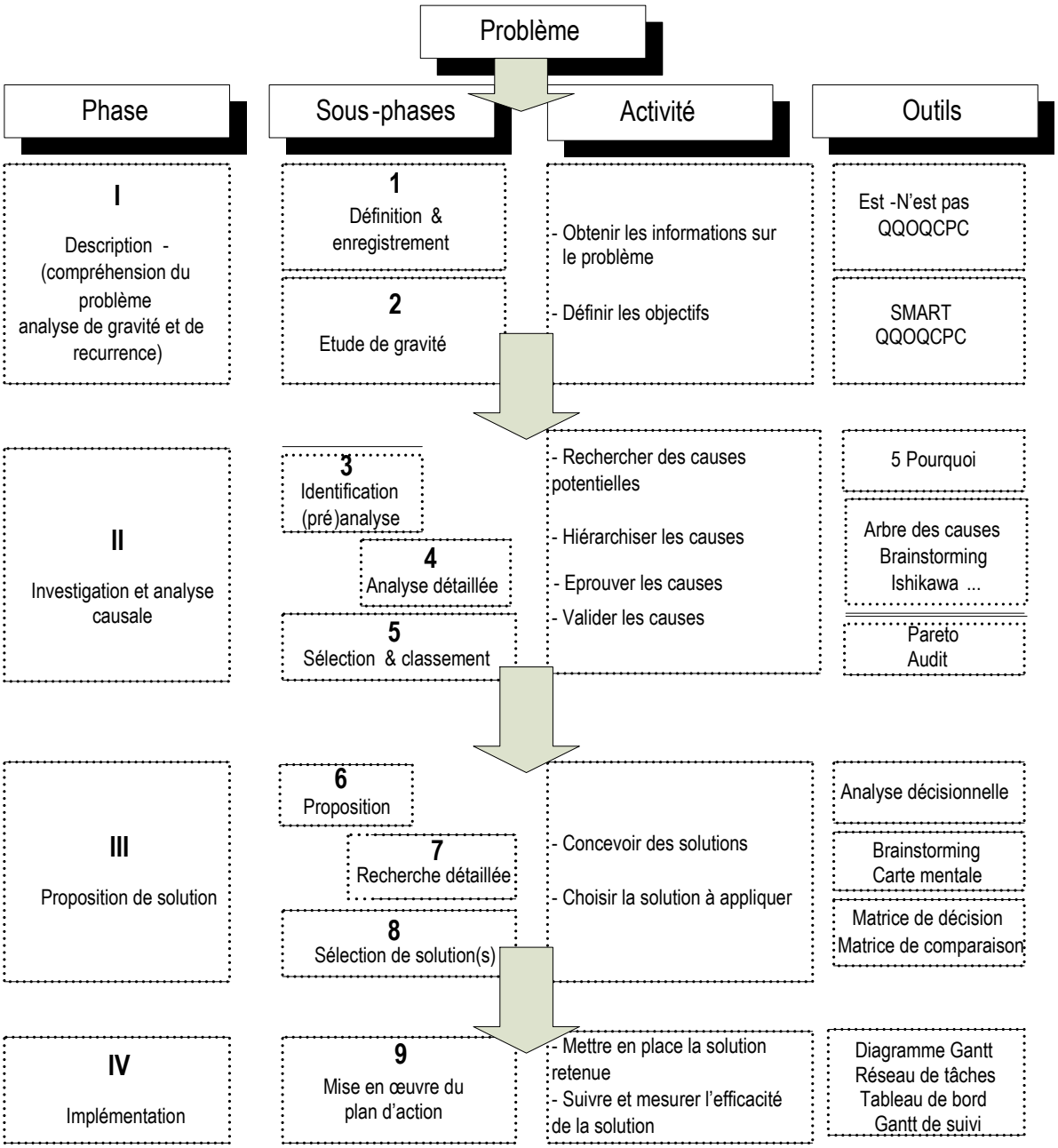


Tableau III.1 - Instrumentation de la Méthode de Résolution de Problèmes

L'engagement, à chaque sous-phase, des outils correspondants ou d'outils similaires permet d'ajuster les efforts d'investigation et d'analyse à la complexité du cas traité et d'assurer que les informations obtenues sont suffisantes pour :

- aborder la sous-phase suivante,
- prendre des décisions factuelles.

Dans le cadre des processus PSM de Saft, nos orientations de choix ont conduit à préconiser l'emploi des méthodes suivantes en appui des processus :

- de résolution élémentaire : méthode des 5 pourquoi,
- de résolution simple : méthode du PDCA,
- de résolution complexe : méthode 8D.

Ces choix ont été motivés par :

1) la nature des problèmes propres à chaque niveau de complexité,

2) les acquis et les habitudes des acteurs en place (témoins, pilotes, experts),

3) la volonté de l'encadrement d'orienter les comportements vers des standards méthodologiques.

3 LA FICHE REX ET SON COUPLAGE AU PLM

3.1 LA FICHE REX

La fiche REx est un outil d'appui des connaissances. Elle permet de "tracer" l'expérience et sert de support pour le traitement des informations vers les connaissances.

La fiche permet de capitaliser l'expérience au cours du déroulement du processus source (processus PSM) en recueillant les informations produites pour caractériser les pratiques (*bonnes* et autres) et les actions qui y ont été mises en œuvre.

Les fiches REx doivent être définies suivant un formalisme adapté à l'utilisation des acteurs [Kretschmar & al 1996]. Elles permettent de retranscrire les informations clés de la restitution pour valoriser et exploiter l'expérience a posteriori. Ces informations concernent les problèmes survenus, les causes envisagées, les méthodes de travail engagées, les solutions étudiées, celles prises et les résultats obtenus. Formellement retranscrits, ces éléments d'expérience favorisent la prise en main des informations et en facilitent l'exploitation.

Les fonctionnalités de la fiche REx doivent satisfaire aux besoins :

. de structuration : les champs de la fiche REx sont prédéfinis,

. de complétude : la construction de la fiche REx est une *"check list"* prenant en compte les informations relatives aux produits, processus et organisations concernés par l'expérience,

. de modélisation : l'expertise engagée dans l'expérience est notifiée,

. de facilité de prise en main : le renseignement de la fiche est simple et accessible aux utilisateurs concernés (pilotes de processus),

. de non intrusion : la documentation de la fiche REx ne doit pas perturber l'engagement des acteurs,

. d'évolution : les informations sont mises à jour au cours du déroulement du processus.

La fiche constitue un livrable ; sa validation est le résultat du processus REx.

C'est à l'aide de ces fiches REx que pourront être caractérisées lors de la phase de Traitement du REx (confer §II.3.4.2) les connaissances industrielles et les connaissances *métier* dégagées des expériences.

3.2 CONSTITUTION D'UNE FICHE DEDIEE AUX EXPERIENCES PSM DE SAFT

Chaque fiche de Retour d'Expérience est spécifique à l'expérience traitée.

Nous proposons une trame unique établie sous un format Excel. Configurée en tant que modèle de document, elle constitue le *"template"* qu'on alloue au nouveau type d'objet : document "fiche REx/PSM".

Notons immédiatement que nous définissons là un objet document dont le cycle de vie et le workflow seront identiques à ceux des documents pris en compte dans le système PLM.

A ce niveau, rappelons que la création de modèle d'objet est facultative dans un système PLM mais si le modèle est créé, il lui est associé alors une trame obligatoire de restitution de contenu de l'objet.

Les trames sont formalisables sous forme de fichiers ou de texte ; elles imposent le style, la structure et la mise en page de la documentation forçant à un format unique de restitution.

La fiche REx/PLM comporte un champ d'identification et quatre parties principales.

Le champ d'identification.

Le champ d'identification est composé des éléments suivants :

- I1 : référence de fiche, pour son identification et son repérage,
- I2 : statut* de la fiche, pour renseigner sur l'état d'avancement du traitement du problème,

(*) Nous proposons cinq états :

. Contexte : phase de saisie et de définition du contexte, intégrant éventuellement la (les) action(s) de première urgence,

. Analyse : le problème est en cours d'analyse (recherche des causes, analyse d'impact),

. Solution : une ou plusieurs solutions sont étudiées pour proposition,

. Déploiement : une ou plusieurs solutions ont été mises en œuvre et sont en attente de généralisation,

. Clôture : les résultats escomptés ont été vérifiés et atteints.

Rappelons que la fiche REx permet de capitaliser les apports des phases du processus PSM en cours. Comme nous le montrerons dans le paragraphe suivant, elle constituera un objet qui sera géré par le système PLM. A ce titre, son état sera identifié, comme toute instance d'information, par rapport aux situations suivantes :

En cours | En validation | Officiel | Obsolète | Abandonné (confer §II-4.4.3).

Nous donnons dans le tableau III.2 ci-après les correspondances d'état PSM / Fiche REx / document PLM.

Phase PSM	**Statut Fiche REx**	***Statut document PLM***
I-Description	Contexte	*En cours*
II- Investigation/Analyse causale	Analyse	
III- Recherche/Proposition de solution	Solution	
IV- Implémentation	Déploiement	*En validation*
	Clôture	*Officiel*
		Obsolète
		Abandonné

Tableau III. 2 - Correspondance d'états PSM/fiche REx/PLM

- I3 : désignation du champ du problème :
  . objet : nom du matériel, produit, composant... concerné par le problème,
  . nature : classification de l'anomalie suivant une typologie de défaillances,
- I4 : identification du responsable de la fiche,
- I5 : date de création de la fiche.

Les quatre parties principales de la fiche sont respectivement dédiées à la description du contexte, de l'analyse, des solutions et du déploiement ; elles correspondent directement aux états C, A, S et D du statut. Nous présentons ci-après les éléments constitutifs de chaque partie.

- Le Contexte.
  - C1 : identité du témoin ayant détecté et déclaré le problème (un attribut *compétence* peut être renseigné à ce niveau (si une explicitation de compétences est en vigueur dans l'entreprise)),
  - C2 : description du problème,
  - C3 : action(s) mise(s) en œuvre en première urgence pour endiguer le problème,

- C4 : acteurs impliqués : pilote PSM, experts éventuels,
- C5 : objectifs SMART à atteindre (décrits à l'aide d'un QQOQCPC**),**
- C6 : premier diagnostic : gravité (échelle de valeur) + niveau de résolution (élémentaire/simple/complexe),
- C7 : méthode ou outil "PSM" éventuellement utilisé,
- C8 : indexation des documents liés au contexte.

- L'Analyse.
  - A1 : analyse des causes ayant engendré le problème :
    . causes effectives (éprouvées + tests ou essais réalisés),
    . causes envisagées (et écartées),
  - A2 : conséquences avérées suite à l'apparition du problème,
  - A3 : conséquences potentielles suite à l'apparition du problème,
  - A4 : évaluation de l'impact exprimé en termes de : Exigences client - Coûts - Délais,
  - A5 : méthodes ou outils "PSM" utilisés,
  - A6 : indexation des documents liés à l'analyse.

- Les Solutions.
  - S1 : solution(s) retenue(s),
  - S2 : éléments descriptifs de la (des) solution(s) retenue(s),
  - S3 : répercussions avérées sur conformité :
    . aux exigences client (CdC), production, process, achats, logistique,
    . aux exigences qualité,
    . aux exigences sécurité,
  - S4 : solutions concurrentes (non retenues),
  - S5 : méthodes ou outils "PSM" utilisés,
  - S6 : indexation des documents liés aux solutions.

- Le Déploiement.
  - D1 : planning initial (référence) et planning final,
    détail de tâches (éventuel) + difficultés rencontrées + durées,
  - D2 : efficacité constatée de la (des) solution(s),
  - D3 : propositions d'amélioration de la (des) solution(s) appliquée(s),
  - D4 : généralisation de la (des) solution(s) appliquée(s) pour éviter la réapparition du problème,
  - D5 : indexation des documents liés au déploiement et à la pérennisation.

- La Clôture
  - Cl1 : date de clôture.

Nous donnons ci-après une représentation de cette fiche REx (tableau III.3)

	Fiche REx			**I1 : réf.**
				I2
				C / A / S / D / CI
I identité	**I3**	nom de l'objet concerné	type d'anomalie	
	I4	responsable fiche REx		
	I5	date création fiche		

C Contexte	**C1**	témoin	service	date détection
	C2	description du problème		
	C3	actions 1ère urgence		
	C4	pilote : experts :		
	C5	objectifs		
		premier diagnostic	Gravité	Niveau de résolution **PE PS PC**
	C6	méthode ou outil PSM utilisé (?)		
	C7	références/liens documents C		

A Analyse		analyse des causes	
	A1	causes effectives	tests/essais réalisés
		causes écartées	
	A2	conséquences avérées	
	A3	conséquences potentielles	
	A4	impact	
	A5	méthode ou outil PSM utilisé	**PE PS PC**
	A6	références/liens documents A	

S Solution	**S1**	solution retenue	
	S2	description	
	S3	répercussions avérées . conformité CdC client? exigences production ? exigences process ? exigences achats ? exigences logistique ? . qualité . sécurité	
	S4	solutions concurrentes (non retenues)	
	S5	méthode ou outil PSM utilisé	**PE PS PC**
	S6	références/liens documents S	

D Déploiement	**D1**	planning		
		tâches	difficultés	durées
	D2	efficacité		
	D3	améliorations proposées		
	D4	généralisation		
	D5	références/liens documents D		

CI Clôture	**Date**		

Tableau III. 3 - Fiche REx/PSM

3.3 LA PRISE EN COMPTE DE LA FICHE REX/PSM DANS LE PLM

Nous venons de définir un nouveau type d'objet, la "fiche REx/PSM" dont nous souhaitons assurer la gestion dans le système PLM. Le flux des instances de cet objet est directement créé par le processus PSM.

Chaque fois qu'un problème est pris en compte, les différentes activités engagées pour sa résolution constituent une expérience qui donnera lieu à une fiche REx/PSM dédiée.

Dans le cadre du PLM, il s'agira de valider le nouveau document qui vient d'être créé. Par suite du référencement de ce document dans le système PLM, sa gestion ultérieure pourra être assurée simplement.

Nous donnons sur le schéma de la figure III.9 le workflow de validation d'un document qui sera utilisé pour l'enregistrement des fiches REx/PSM.

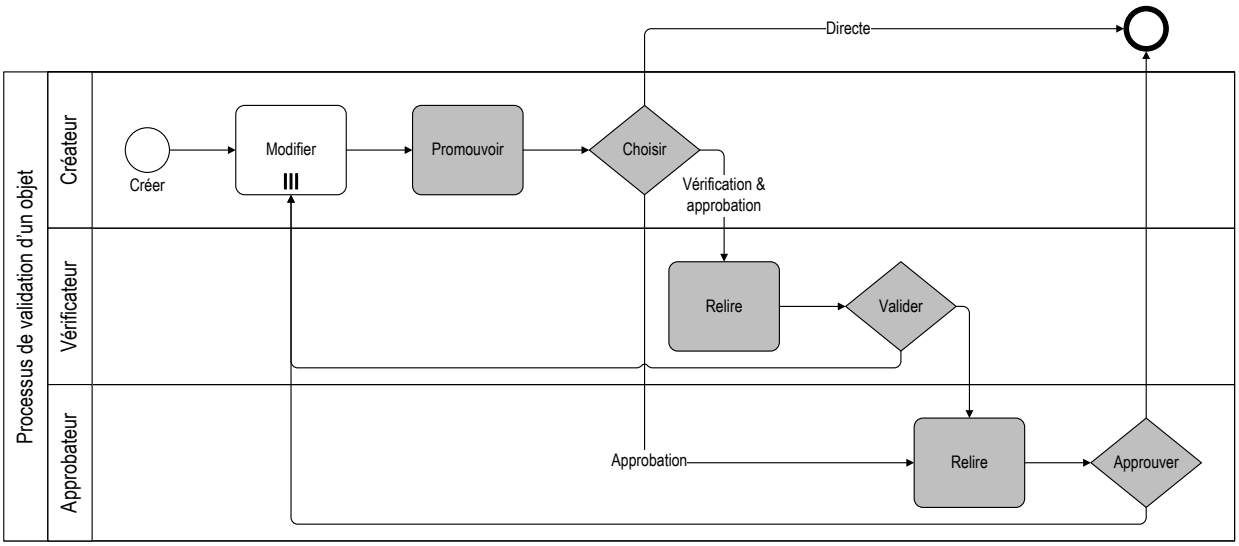


Figure III. 9 - Workflow de validation d'un document

Les activités sur fond blanc désignent les actions manuelles réalisables par l'acteur. Bien que manuelles, ces actions sont paramétrées comme les nœuds "Activité". Les activités sur fond gris soulignent les tâches planifiées dans le PLM. Elles sont affectées par le système PLM aux rôles concernés.

Les rôles de créateur, vérificateur et approbateur sont des rôles spécifiques du workflow de validation. Ils sont paramétrés dans les tâches de workflow en relation avec les rôles *métier* de l'équipe du contexte.

Le rôle de créateur est automatiquement affecté à l'acteur qui a créé le document. Les rôles de vérificateur et d'approbateur sont sélectionnés à l'action "Promouvoir" parmi des listes dédiées, lesquelles sont "couplées" aux rôles *métier* de l'équipe du contexte autorisés à assurer ces responsabilités.

La réalisation des actions et des tâches est susceptible d'engager des connaissances d'acteurs qui pourront être capitalisées durant l'activité.

Les règles d'initialisation d'un objet PLM permettent de caractériser le "comportement" futur et les associations qu'aura cet objet dans le système PLM. En effet, au-delà des éléments de personnalisation du modèle de numérotation et du schéma de version attribué aux références, elles permettent de configurer l'emplacement de stockage et d'associer un cycle de vie et un modèle d'équipe au type d'objet.

Chez Saft, les règles d'initialisation sont paramétrées comme il suit.

Les références affectées aux objets de conception sont différenciées de celles attribuées aux autres types d'objet.

Le *schéma de numérotation* affecté aux objets Document_CAO et Parts respecte la procédure de codification Saft Corporate.

Le code de l'objet créé correspond à une numérotation qui renseigne les informations :

. produit fini (élément, batterie), sous-assemblage ou composant,
. technologie employée (lithium rechargeable, alcalin),
. référence des sites de conception et de montage alloués.

4 DEMARCHE GLOBALE DE COUPLAGE REX/PSM- PLM.

Nous allons montrer dans ce paragraphe comment étendre la prise en charge par le système PLM du REx mis en place sur le processus PSM. Pour cela, nous allons nous appuyer sur le processus de gestion des modifications (PGM) du PLM pour la conduite et l'élaboration de la fiche REx/PLM.

4.1 LE PROCESSUS DE GESTION DES MODIFICATIONS SAFT

Ce paragraphe est destiné à présenter les éléments clés du processus de gestion des modifications (PGM) que nous avions déjà introduit dans le §4.4.3 du chapitre II, en soulignant les fonctionnalités qui seront directement concernées par le traitement, dans ce cadre étendu, des fiches REx/PLM.

Nous voulons insister ici sur le fait que le processus de gestion des modifications est un cadre privilégié d'engagement d'expertise car il coordonne les raisonnements et la connaissance engagés pour mettre en œuvre des modifications. Ce processus est étroitement couplé aux processus *métier* de validation car il impulse et gère l'évolution des objets.

Le processus de gestion des modifications (PGM), transverse par nature, concerne la conduite d'évolutions pour améliorer ou corriger les caractéristiques du produit.

Le processus de traitement des modifications illustré sur la figure III.10 est constitué des phases génériques préconisées dans les normes industrielles du domaine ISO 10007 [AFNOR 2003] et ANSI/EIA-649[10]. Le processus est découpé en trois sous-processus : la demande de modification, les investigations et le déploiement de solutions. Ces activités séquentielles ou concourantes permettent de traiter les modifications des configurations de produit.

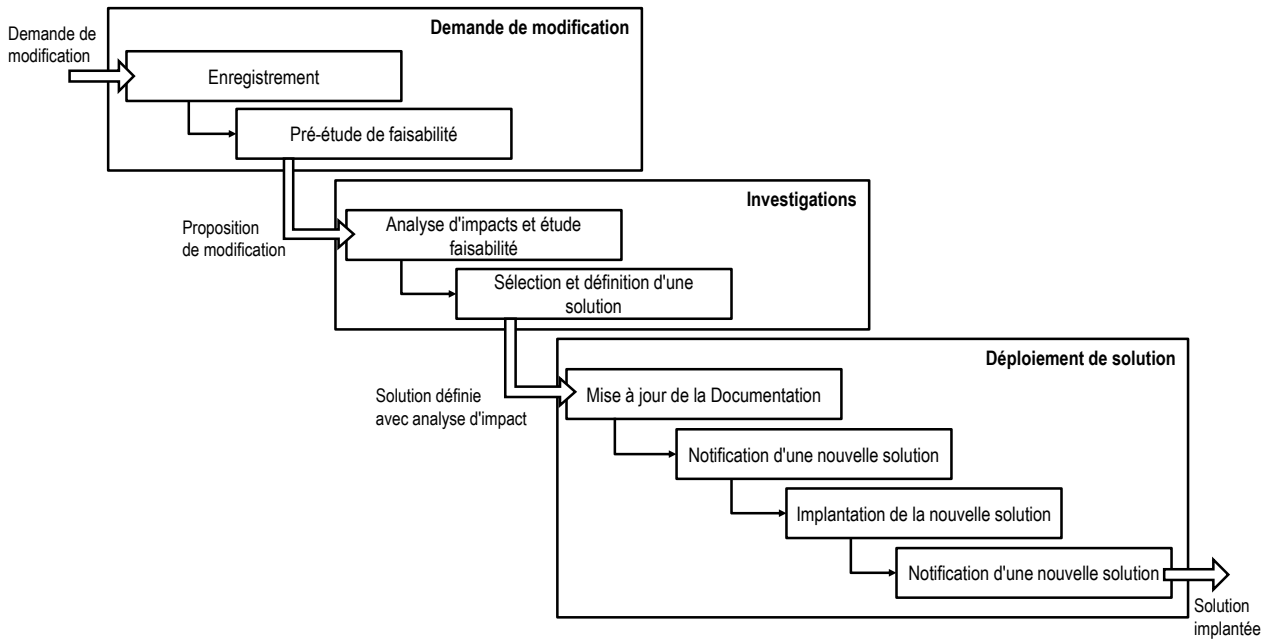


Figure III. 10 - Processus standard de gestion des modifications

[10] EIA-649 : "National Consensus Standard for Configuration Management" adopté par le DoD (Department of Defense) américain en 2000. Norme américaine sur les principes de gestion de configuration et les bonnes pratiques employées par l'industrie pour identifier la configuration produit et la gestion méthodique des effets de modifications produit.

Cette organisation de processus répond aux contraintes d'application de ces normes. Les normes posent que la maîtrise des évolutions doit être assurée par les activités suivantes :

- décrire, justifier et enregistrer l'évolution,
- classer l'évolution en termes de complexité, de ressources et de délais,
- évaluer les conséquences de l'évolution,
- décider de l'évolution,
- mettre en œuvre l'évolution et vérifier son application.

Le respect de la norme garantit une gestion rigoureuse des demandes de modification et la définition d'un processus de traitement des modifications.

Le PGM du système PLM de Saft est unique. Il s'applique aux différents sites de la société. Le jalonnement permet de considérer et d'organiser les responsabilités et les autorités impliquées dans la mise en œuvre de ce processus pour les modifications devant être apportées.

Le traitement d'une modification s'appuie sur des décisions prises entre acteurs, souvent des experts *métier* de différents domaines. Ce travail collaboratif est confronté :

- aux possibles conflits d'intérêt des experts métier pour le traitement de la modification,
- aux éventuelles divergences des objectifs pour l'intérêt des services.

Les choix de solutions sont "officialisés" par un administrateur averti qui permet la diffusion de la modification résultante.

Le processus de gestion des modifications requiert en général la mobilisation de différentes ressources souvent engagées de manière séquentielle. A ce niveau, nous avons constaté chez Saft une certaine inertie, liée pour partie :

- au manque de disponibilité des acteurs impliqués dans les actions de traitement,
- au nombre d'échanges et de boucles d'itération nécessaires pour aboutir à un consensus satisfaisant pour chacun,
- à la gestion des nombreux documents qui accompagnent le processus : consolidation, suivi administratif et intégration des remarques dans les documents.

Les spécificités du PLM : workflow, affectation des tâches aux acteurs concernés, mécanismes de regroupement des informations et de saisie... devraient aider à améliorer cette situation.

Insistons aussi, à ce propos, sur le fait que la gestion des modifications est vraiment un processus complexe dont les modifications résultantes sont considérées, le plus souvent, comme un problème plutôt qu'une réelle opportunité d'évolution.

Les modifications traitées par le processus peuvent être :

- une adaptation ou une évolution fonctionnelle, technologique ou organisationnelle,
- une correction suite à une non-conformité (anomalie ou dégradation détectée).

Leur but est d'apporter une réponse technique et/ou fonctionnelle conforme aux spécifications et aux contraintes de l'organisation. L'implication de connaissances expertes est indispensable pour maitriser le problème et proposer des solutions pertinentes, robustes et performantes adaptées à la nature des évolutions mises en jeu.

La gestion des modifications permet de maintenir la cohérence entre les produits et leur conception via le patrimoine informationnel. Son application est transverse : elle concerne les différents métiers techniques et support corrélés aux gammes de produits développés sur les sites de Saft.

Ce processus, centré sur le produit, est susceptible d'être initié à tous les stades du cycle de vie et répond à l'apparition d'évènements variés.

Trois niveaux de complexité des modifications réalisées sur les objets SDDCM (article, document) sont proposés dans la gestion des modifications :

- Révision : changement de définition du livrable qui assure son interchangeabilité. L'évolution de la donnée tend vers une incrémentation de la version de la référence,

- Version : changement de définition du livrable qui n'assure pas son interchangeabilité. L'évolution de la donnée tend vers une création de référence,
- Correction : changement sans impact sur la définition du livrable. L'évolution de la donnée est tracée via l'itération de la version de sa référence.

Le choix du niveau de complexité de modification alloué à l'objet impacte, d'une part, la mise en œuvre du processus de validation, impliquant ou non l'intervention de relecteurs et d'approbateurs et, d'autre part, les cas d'emploi du livrable concerné.

Les origines d'une modification peuvent être multiples et difficiles à identifier.

Une modification est souvent initiée suite à la détection de plusieurs facteurs corrélés et il peut être difficile d'en identifier toutes les causes d'origines.

Nous catégorisons les causes suivant leur provenance :

- les *facteurs internes* qui proviennent de secteurs liés aux services de l'entreprise, i.e. les relations à travers les différents projets, certains composants de produit, divers services qui supportent les évolutions provenant de parties prenantes,
- les *facteurs externes* provenant des secteurs imposés par des manifestations indépendantes de l'entreprise, i.e. l'évolution des législations, les tendances des marchés, les requêtes client, les changements de fournisseurs ou de matière...
- les *facteurs mixtes* qui proviennent des coopérations existantes entre l'entreprise et les parties prenantes, i.e. les arrangements, les reprises de spécifications, les collaborations...

Face à la complexité du produit et à l'organisation de l'entreprise, nous avons étudié et identifié les principales causes des évènements déclencheurs. Ces dernières ont été regroupées suivant les cinq M du diagramme de causes et effet présenté sur le schéma de la figure III.11.

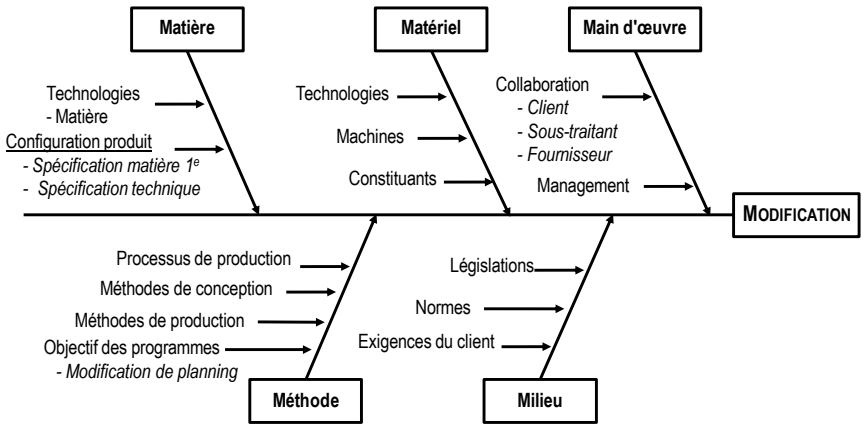


Figure III. 11 - Origine d'une modification

Nous pouvons constater une large diversité des causes déclarées. Les évènements déclencheurs sont généralement variés (la gestion des modifications est pluridisciplinaire et multidomaine), parfois combinés et, de plus, leur restitution dépend du point de vue de l'observateur. En fonction de sa perception de l'évènement, l'acteur appréhende et restitue différemment la nature des causes probables. Il doit apprendre à être factuel.

L'emploi d'outils et de formalismes permet d'atténuer cette part d'interprétation dans la restitution.

Pour les conséquences des modifications, il est important de prendre en compte l'ensemble des effets induits par l'application de ces modifications car ceux-ci sont souvent perçus comme des problèmes (surcoût, retard, surcharge) constituant des freins plutôt que des opportunités d'évolution.

Les conséquences sont identifiées suivant le périmètre et la propagation des modifications :

- le *périmètre* correspond à l'ensemble des éléments modifiés au niveau de l'organisation, des processus et des produits ; les informations correspondantes sont gérées par le processus de gestion des modifications,
- la *propagation* correspond à toute la zone étendue d'impact : ce sont les effets indirectement induits par la modification.

Les répercussions des résultats du processus sont étudiées par une analyse d'impact permettant de les envisager et de les évaluer (cf. figure III.10). Les difficultés inhérentes à cette analyse résident dans :

- la détection des impacts à incidence majeure,
- la capacité à exprimer et à formaliser les contraintes et les dépendances perçues,
- la découverte de nouvelles propagations non soupçonnées.

La qualité de cette expertise dépend directement des connaissances et des compétences détenues et engagées par les acteurs ainsi que de la maîtrise des outils dont ils disposent.

Cette analyse fait partie intégrante du processus de gestion des modifications.

4.2 L'ORGANISATION PLM DU PGM

Nous donnons dans ce paragraphe l'organisation du PGM tel que nous l'avons défini dans le système PLM Saft, à partir de la trame de base qu'offrait le système. Notre intention est d'identifier dans cette description les phases clés qui permettront l'ancrage du processus REx appliqué au PSM.

Les séquences d'activités interactives inhérentes au PGM sont représentées sur le schéma de la figure III.12. Nous allons décrire brièvement chacune d'elles en soulignant, chaque fois que ce sera le cas, les activités nécessitant un apport de connaissance métier.

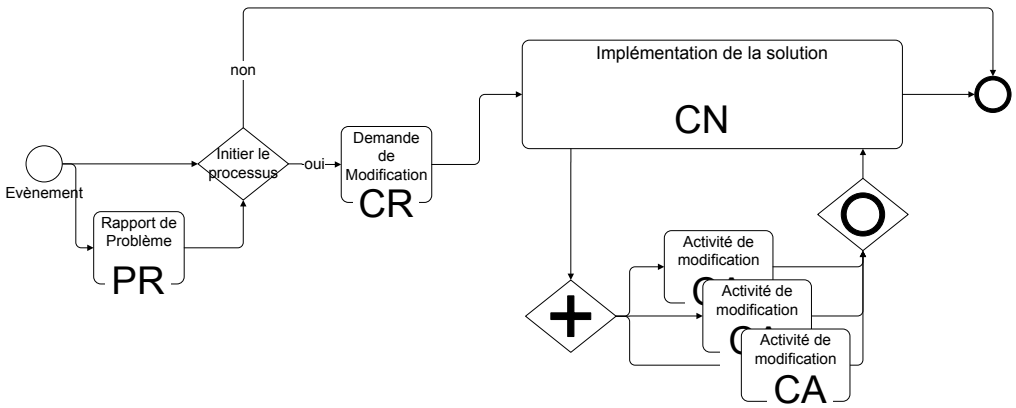


Figure III.12 - Macro processus de gestion des modifications

4.2.1 Rapport de Problème : PR

Le rapport de problème PR (Problem Report) ou la décision du pilote sont les initiateurs du processus.

Lié à l'objet SDDCM (article, document) principal qu'il renseigne, il est automatiquement stocké dans le contexte applicatif relatif à ce dernier. Il caractérise l'évènement perturbateur et son environnement d'apparition, ce qui correspond, dans une approche REx, au contexte initial de l'expérience.

Les rôles *métier* intervenant dans le PR sont :

- le créateur, tout utilisateur du système ayant accès au contexte ciblé dans le rapport de problème,
- l'administrateur I des modifications CAI (Change Adminisrator I), expert fonctionnel de l'environnement produit.

L'administrateur des modifications est un rôle nouveau chez Saft.

Le créateur génère un PR pour déclarer un problème ou une amélioration nécessaire. Le droit de création est accordé à toutes les personnes ayant accès aux objets SDDCM d'un container applicatif ; ceci permet de couvrir un large spectre

de situations et d'identifier un maximum d'évènements. Les témoins d'évènements sont libres de communiquer leur perception du contexte.

Le niveau d'expertise de cet initiateur du PR est variable : il peut s'agir d'un expert du domaine aussi bien que d'un consommateur d'information ayant détecté une anomalie.

L'administrateur de modification CAI (Change Administrator I) supervise les créations de PR. Il a la responsabilité d'accepter ou non un rapport de problème pour enclencher la suite du processus de PGM.

Son niveau d'expertise requiert une connaissance du domaine. Il juge de la pertinence du PR suite à une pré-étude de faisabilité et de criticité du problème.

Dans le contexte produit, ce rôle est attribué au responsable du produit car c'est généralement un acteur averti qui a la connaissance du périmètre d'impact des modifications potentielles.

La séquence de tâches engagées dans le PR est organisée comme illustré sur le workflow* du schéma de la figure III.13.

(*) Nous avons validé le processus représenté par ce workflow par la réalisation d'une phase *projet PLM* de recette que nous avons construite comme suit :

. une recette applicative pour valider techniquement les mécanismes du PLM par les utilisateurs clés du projet,

. une recette fonctionnelle pour vérifier la cohérence du processus en utilisation par des scénarios de tests en équipes d'utilisateurs avérés.

Nous avons effectué ce même travail de validation, via une phase de recette, pour tous les processus des objets du PGM que nous présenterons par la suite.

Dans ce schéma, chaque ligne décrit les activités PLM réalisées par le rôle correspondant à cette ligne ; les rôles sont établis, dans l'ordre principal de leur apparition chronologique, dans la colonne 2.

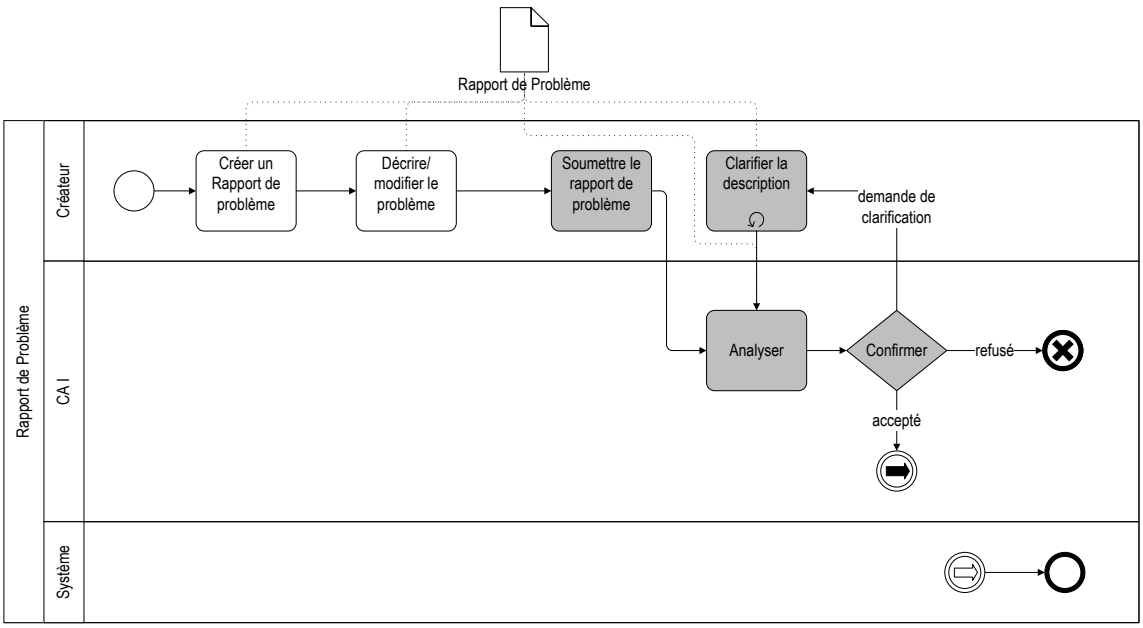


Figure III.13 - Processus de rapport de problème

Dans ce schéma qui récapitule, dans une forme ordonnée, l'ensemble des actions et des tâches du processus, l'objet PR est représenté dans une forme symbolique par l'icône 🗋 au-dessus du workflow. Cet objet PR porte les métadonnées du processus et deviendra, s'il est édité par un rapport écrit, un document pris en compte par le système PLM.

Les métadonnées de l'objet PR sont celles proposées initialement par le système PLM retenu (Windchill PDM Link). Nous avons établi un format d'expression de ces métadonnées pour leur saisie.

Les attributs de contexte, d'auteur, de date de création et de modification ainsi que le niveau de maturité de l'objet PR sont des champs automatiques renseignés par le système. Cette fonctionnalité empêche l'apparition d'erreurs dans la déclaration des informations administratives du contexte.

D'autres attributs tels que la catégorisation et le niveau de priorité du problème sont renseignés via la sélection par le CAI (Change Administrator I) d'une valeur dans une liste de valeurs prédéfinies.

Des champs de texte sont activés pour consigner le titre, la description, le demandeur initial ; il en est de même pour la zone de commentaires. L'auteur renseigne manuellement ces informations grâce à une liste de mots-clés partagés qui a été établie avec les utilisateurs, en dehors de l'outil, pour homogénéiser la restitution.

Nous avons configuré les liens pour permettre à tous les types d'objets de référence impliqués dans la modification (autres objets du PGM, objets SDDCM, documents externes au PLM) d'être attachés au PR.

Ces métadonnées descriptives de l'objet PR sont les sources d'information portées par ce dernier.

Pour les métadonnées du processus de la figure III.13, les champs d'attribut sont renseignés par les actions de création et de modification.

Pour les métadonnées devant être obligatoirement renseignées, l'absence de valeur interdit l'action de soumission.

La réalisation des tâches et des actions manuelles du workflow nécessite, elle aussi, l'engagement de connaissances.

La dernière tâche de validation prend en compte le résultat du raisonnement du CAI. Nous proposons trois possibilités : valider, demander une clarification ou rejeter le PR. Une zone de commentaires obligatoires permet de consigner les informations relatives à l'explication de la décision qui a été prise et, dans le cas d'un rejet ou d'une demande de clarification, de communiquer avec le créateur.

Le rapport de problème PR permet de décrire l'évènement déclencheur dans son environnement. Le formalisme impliqué par le PLM uniformise la saisie du contexte de l'expérience.

Le PR constitue donc un élément clé dans la composition du système REx à mettre en place.

4.2.2 Demande de modification : CR

La demande de modification CR (Change Request) confirme le déclenchement du processus de gestion des modifications. Une demande peut être initiée sans PR préalable, après un PR ou après plusieurs PR suite à une décision "butoir" d'initier le processus de gestion des modifications.

Lié à l'objet concerné par le processus de modifications principal et stocké dans le même contexte applicatif, le CR pilote les investigations et la proposition de solution. Suivant la complexité de la modification, deux niveaux de complexité de processus peuvent-être engagés :

. Fast-Track pour la gestion des modifications simples. L'impact de la mise en place des solutions est maitrisé et les modifications sont peu coûteuses ; elles peuvent être rapidement traitées à l'aide d'un processus qui sollicite l'administrateur pour piloter l'analyse et la validation,

. Full-Track pour la gestion des modifications complexes. L'impact est important et les modifications sont coûteuses ; elles nécessitent une analyse détaillée par des experts et une validation soumises à un conseil d'experts.

Les processus Fast-Track et Full-Track sont deux processus distincts, basés sur des standards du CMII [CMII Resaerch Institute 2012] proposés par le système pour conduire la gestion des modifications.

Ces processus sont mis en place pour aider les administrateurs à conduire la gestion des modifications.

Les rôles *métier* intervenants dans le CR sont :

- l'administrateur I des modifications (CAI), expert fonctionnel de l'environnement produit,
- l'administrateur II des modifications (CAII), expert technique de l'environnement produit,
- le comité de revue technique, TRB (Technical Review Board), dans le cas d'un processus Full-Track,
- le comité de révision des modifications, CRB (Change Review Board), dans le cas d'un processus Full-Track.

Il collecte et synchronise les informations avec les éventuels PR, modifie les champs si nécessaire et établit le degré de complexité du processus à engager. Il synthétise les résultats d'analyse, d'impact et de décision de solution.

Ce rôle requiert une vision transverse sur le problème (services, phases de cycle de vie du produit, gammes de produit...). Cet expert fonctionnel fait une analyse pertinente du besoin, des impacts et des solutions envisageables. Il détient les connaissances opérationnelles nécessaires pour piloter le processus d'investigation. Il assigne les experts *métier* des techniques adéquates aux comités TRB et au CRB.

Dans le contexte de développement de produit, ce rôle est attribué au responsable du bureau d'études ; en phase de production, il est alloué au responsable technique du produit concerné ; dans le cas de la documentation qualité, ce rôle est assigné au technicien système.

Le CAII (Change Administrator II) donne suite au PGM après la validation du CR. Il initie/impulse la création du CN (Change Notice).

Les comités TRB et CRB se réunissent dans le cas d'un processus de résolution complexe Full-Track, c'est-à-dire pour une modification complexe qui nécessite la participation de plusieurs experts. Dans le cas d'un processus de modification simple, le Fast-Track est préconisé pour accélérer la démarche pilotée par un pilote unique.

Le TRB est composé des experts techniques chargés de l'analyse d'impact et de l'estimation des coûts, pour proposer et justifier des solutions envisageables.

Le CRB regroupe les membres du CODIR (comité de direction), chargés de choisir et de valider la solution établie en fonction des propositions communiquées par les experts techniques.

La séquence des activités engagées dans le CR est donnée sur le workflow de la figure III.14.

Là encore, l'objet CR est représenté dans une forme symbolique par l'icône 🗋 au-dessus du workflow. Cet objet PR porte les métadonnées du processus.

Dans le cas d'un CR faisant suite à un PR principal sélectionné par le CAI, l'ensemble des informations de description portées par ce PR est récupéré automatiquement pour le CR.

Comme pour le CR, nous avons conservé les configurations des métadonnées du CR proposées par défaut par le système PLM. Les attributs de contexte applicatif, de création, de référence, de nom du créateur, de date de création, d'état de maturité, de dates de modification et d'historique de maturité sont automatiquement renseignés par les éléments de la base.

Nous ajoutons des attributs dédiés pour saisir la complexité du processus, les informations sur le modèle de produit, la nécessité de coordination et l'évaluation du risque. Ces attributs sont renseignés manuellement par le CAI au cours des activités d'investigation.

Ici encore, les attributs de catégorie de modification et de priorité sont soit renseignés par le CAI, soit automatiquement repris du PR principal.

Nous activons les champs de texte qui favorisent la saisie libre du nom du CR, la date d'effectivité, la description du contexte, de la méthode et des solutions proposées et l'estimation des coûts récurrents et non récurrents. Des champs de texte permettant d'introduire d'éventuels commentaires ont aussi été activés.

Nous avons configuré les liens pour y rattacher les objets de référence, les objets impactés, les objets du change management relatifs au processus engagé ainsi que des documents hors PLM.

L'ensemble de ces informations constitue les métadonnées du CR. Ce sont les sources d'information collectées par l'objet PLM.

Soulignons que des connaissances doivent être activées à ce niveau pour mener les investigations nécessaires et prendre les décisions qui en résultent dans les activités du workflow.

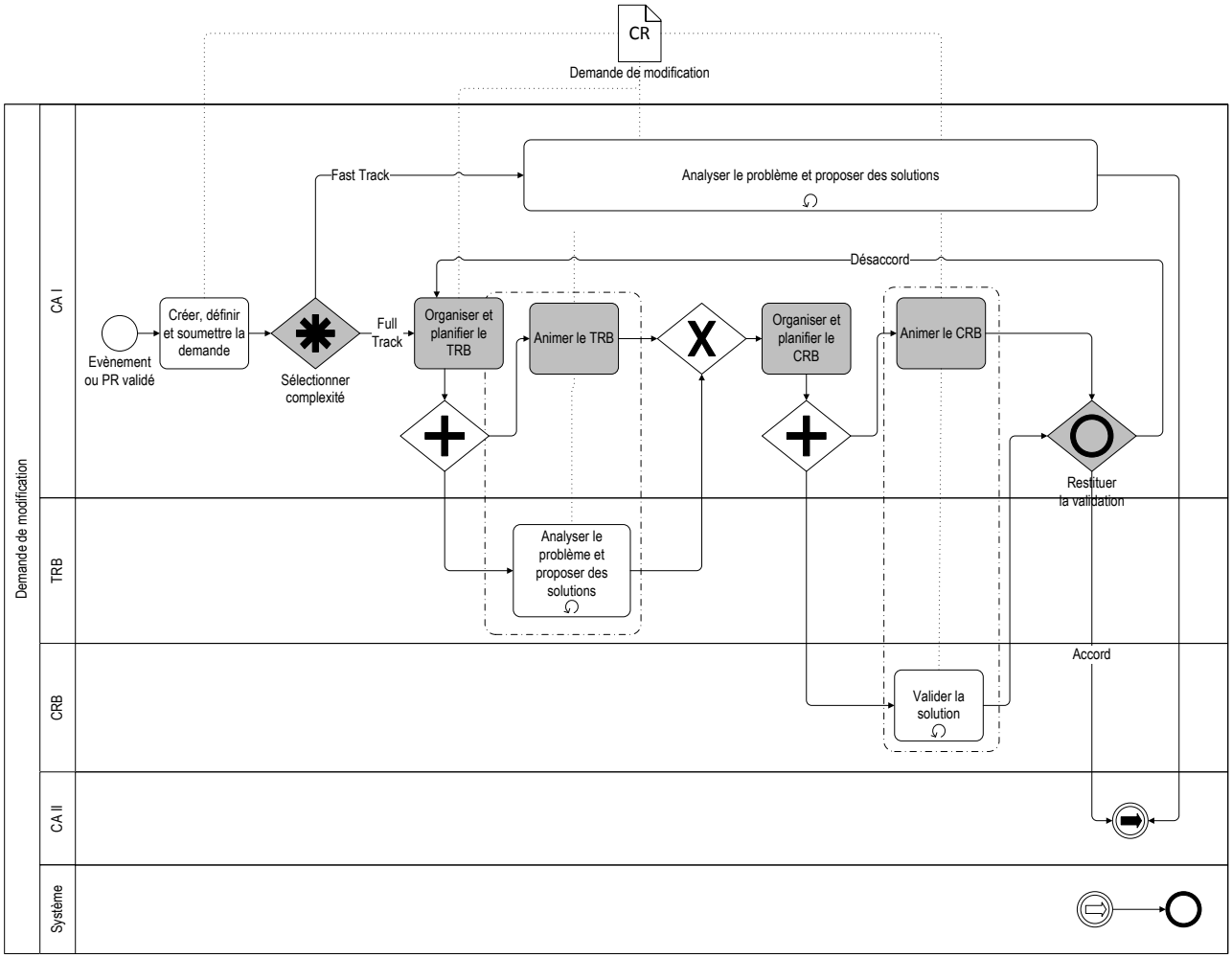


Figure III.14 - Processus de la demande de modification

Nous avons formalisé les tâches de choix pour restituer les décisions prises et enregistrer les critères de choix retenus par l'acteur. Les justifications des prises de décision sont consignées dans un document de référence rattaché à la tâche par un lien.

Les participants des comités sont sélectionnés par le CAI dans une liste de rôles prédéfinis. Une trame de document est proposée pour établir les avis de réunion, trame dans laquelle le CAI renseigne les instructions. Après avoir été rempli, ce document est adressé aux destinataires avec une notification d'invitation à la réunion.

La conduite des comités induit un ensemble de réunions menées hors du cadre PLM. Les éléments clés sont restitués par le CAI pour compléter les tâches "Animer le TRB (ou le CRB)". Ces tâches sont instrumentées pour capitaliser les informations échangées via un champ de commentaires et des liens.

La tâche de validation oriente sur deux choix : approuver ou rejeter le CR. Cette tâche est complétée par une zone de commentaires obligatoires pour expliquer la décision prise et communiquer avec le créateur dans le cas d'un rejet ou d'une demande de clarification.

4.2.3 Implémentation de la solution : CN

L'implémentation de la solution est faite autour d'une CN (Change Notice) qui permet de planifier et de piloter les modifications.

Liée à l'objet principal et stockée dans le même contexte applicatif, la CN permet établir les lots de travaux relatifs à l'implantation sur le terrain de la solution. Une CN est issue d'une ou de plusieurs CR.

Les rôles *métier* intervenant dans la CN sont :

. l'administrateur II des modifications (CAII), expert technique de l'environnement,
. l'administrateur III des modifications (CAIII), expert qualité de l'environnement,
. le comité d'implémentation, CIB (Change Implementation Board).

Le CAII prépare et valide la planification des lots de travaux avec l'engagement des ressources nécessaires. Ce rôle nécessite une connaissance de l'environnement technique.

Lors de la phase de création du CN, il créé les CA (Change Activity) pour traduire en tâches opérationnelles les actions à réaliser. Pour chaque tâche, des rôles sont affectés et un pilote de tâche est désigné.

Dans le contexte produit, ce rôle est attribué au responsable du bureau d'études qui gère l'affectation des ressources aux modifications de produit ; dans le contexte documentation qualité, il est alloué au responsable qualité système.

Dans le cas de modifications complexes, le CIB participe à l'élaboration du plan. Les experts opérationnels établissent et valident le planning des actions de modification. Le CAII enregistre le plan d'implémentation pour le mettre en œuvre.

Le CAIII (Change Administrator III) est responsable de l'audit final de tout le PGM. Il garantit la validation finale. Il vérifie la cohérence des données modifiées et la configuration des livrables. Cette action importante de consolidation n'est en général pas réalisée.

Nous configurons les tâches du workflow pour formaliser les actions inhérentes au PR. La séquence de tâches est donnée sur le schéma de la figure III.15.

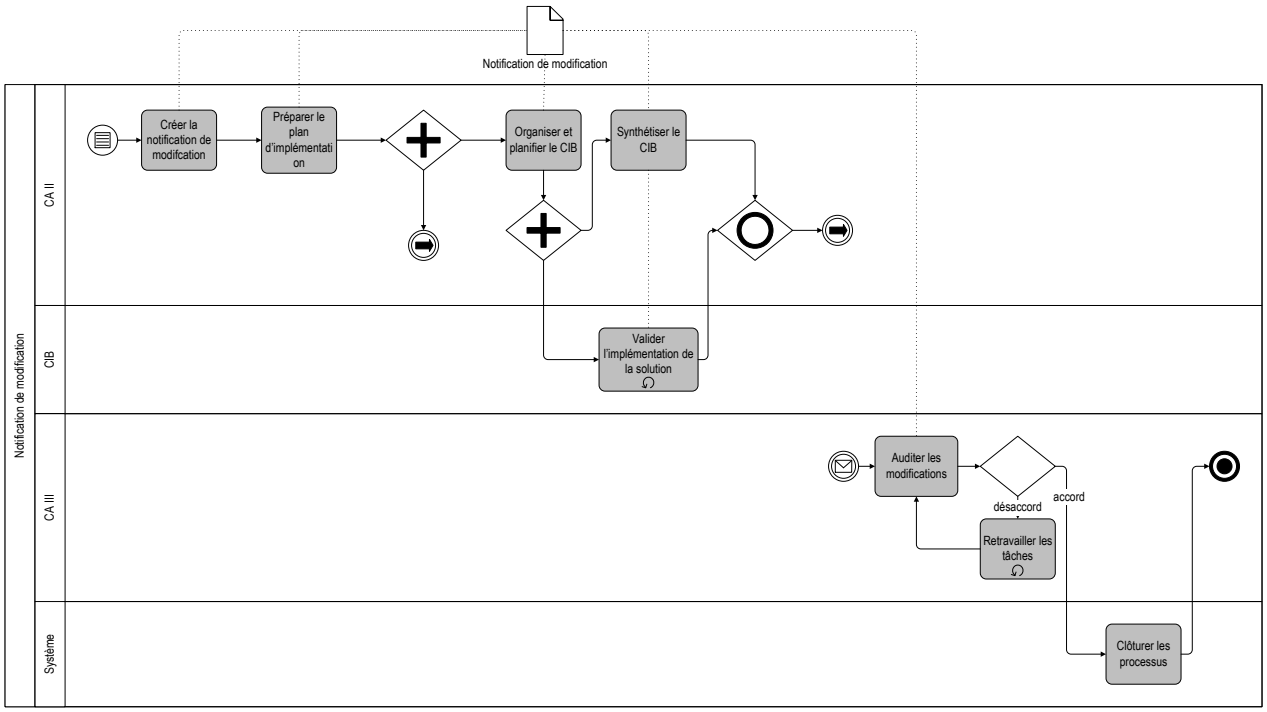


Figure III.15 - Processus de notification des modifications

La CN est synchronisée avec le CR de référence.

Les métadonnées sont paramétrées par défaut ; elles peuvent être renseignées automatiquement, poussées par le système. Elles sont identiques à celles des objets PR et CR précédents.

Nous réutilisons les listes de valeur paramétrées des champs de catégorie et de priorité de modification. Les attributs de titre, de date d'effectivité et de description du plan d'implémentation sont synchronisés avec leurs équivalents dans le CR. Néanmoins, en champ de texte libre, le pilote (CAI) peut les modifier. Nous paramétrons les mêmes types de liens (entre objets PLM, objets du PGM et fichiers externes au PLM) que pour le PR et le CR. Nous configurons le workflow de sorte que les actions planifiées renvoient à des tâches notifiées aux acteurs concernés. Ces derniers disposent des

métadonnées sur la sélection des personnes assignées à la réalisation des actions et les responsables des tâches. L'ensemble de ces informations constitue les métadonnées du CR. Ce sont les sources d'information collectées par l'objet PLM.

Ici encore, des connaissances doivent être engagées pour la conduite des activités décisionnelles et de réalisation du processus.

Le fonctionnement des tâches de validation du CN est similaire à celui des tâches de validation du CR.

Les lots de travaux planifiés dans le plan d'implémentation sont liés au CN par des tâches CA (objet dédié de la gestion des modifications). On y relie l'instruction du contenu des tâches, les livrables et les ressources engagées.

Les tâches du workflow sont paramétrées pour obliger une restitution des informations relatives aux raisonnements menés et explications justifiant leur contenu.

4.2.4 Activité de modification : CA

Chaque activité de modification CA (Change Activity) décrit l'action de modification à entreprendre.

Réalisée dans le CN, la CA est liée à l'instance d'objet à modifier et au livrable résultant. Son exécution pilote, vérifie et valide l'activité de modification.

Il y a autant de CA générées que d'activités à entreprendre pour effectuer les modifications relatives au PGM complet.

Au-delà de l'implication initiale du CAII qui crée, définit et planifie la tâche, les rôles *métier* intervenant dans la CA sont :

- l'assigné, expert technique,
- le relecteur, acteur technique qui vérifie que la modification a bien été effectuée.

L'assigné est en charge de réaliser la modification effective de l'objet concerné par l'activité de modification. Il révise ou crée l'objet concerné et pilote le workflow de validation. Ce rôle est celui d'un opérationnel métier.

Le relecteur est en charge de clôturer l'activité après vérification de l'effectivité de son application, permettant alors au système de comptabiliser les activités terminées.

Les tâches et les actions manuelles de ce workflow formalisant les actions inhérentes au PR sont données sur le schéma de la figure III.16.

Le déroulement d'une CA implique la modification de l'objet SDDCM considéré, via son workflow, sa vérification et sa validation.

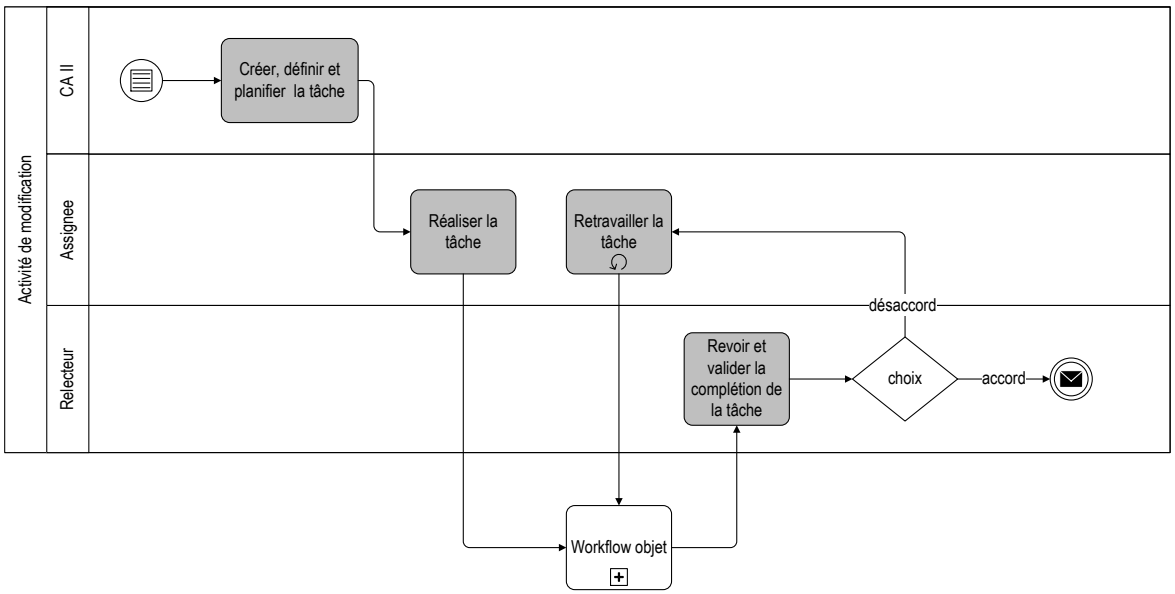


Figure III.16 - Processus d'activité de modification

Pour les attributs de la CA, les valeurs sont synchronisées avec les champs similaires du plan d'implémentation de la CN. Chaque objet affecté à l'activité de modification est visualisable et atteignable par la CA.

La référence, l'état de maturité, la date de dernière modification et la version de la CA sont automatiquement renseignés par le système. Son nom et son type sont saisis manuellement par le CAII.

Un champ de texte paramétré, alloué à l'intégration de consignes de réalisation des activités, est accessible.

Des indicateurs d'avancement renseignés manuellement par l'assigné et le relecteur sont liés à chaque CA.

Ici encore, des connaissances particulières sont engagées pour la réalisation des tâches du workflow.

L'action de validation de la tâche conduit à deux choix possibles : validation ou rejet. Les informations relatives à cette décision sont enregistrées dans un champ de texte paramétré à cet effet.

4.2.5 Vue générale du processus

L'utilisation du PLM pour la gestion des modifications permet d'optimiser les pratiques de gestion et d'organisation des données. Son paramétrage permet de garantir une cohérence d'ensemble dans la réalisation et la restitution des activités du processus.

La gestion PGM porte sur les activités de réalisation, l'allocation des rôles et le modèle de restitution des informations générées.

Paramétré pour satisfaire à la logique du processus de gestion des modifications, le PGM permet de capitaliser les informations relatives aux expériences de modification réalisées dans le PLM.

La procédure de déroulement du processus de gestion des modifications géré par le PLM Saft est entièrement définie dans les spécifications système Saft. Ce document issu du projet PLM, traduit littéralement les fonctionnalités et la mise en œuvre du processus. Nous présentons dans l'annexe A3 le *"Flowchart"* (diagramme de flux) qui représente le processus complet tel qu'il a été organisé dans notre application.

Pour terminer cette présentation détaillée du PGM tel que nous l'avons organisé dans le système PLM, nous donnons sur le schéma de la figure III.17 l'organisation d'ensemble des workflows associés aux objets PR, CR, CN et CA du processus.

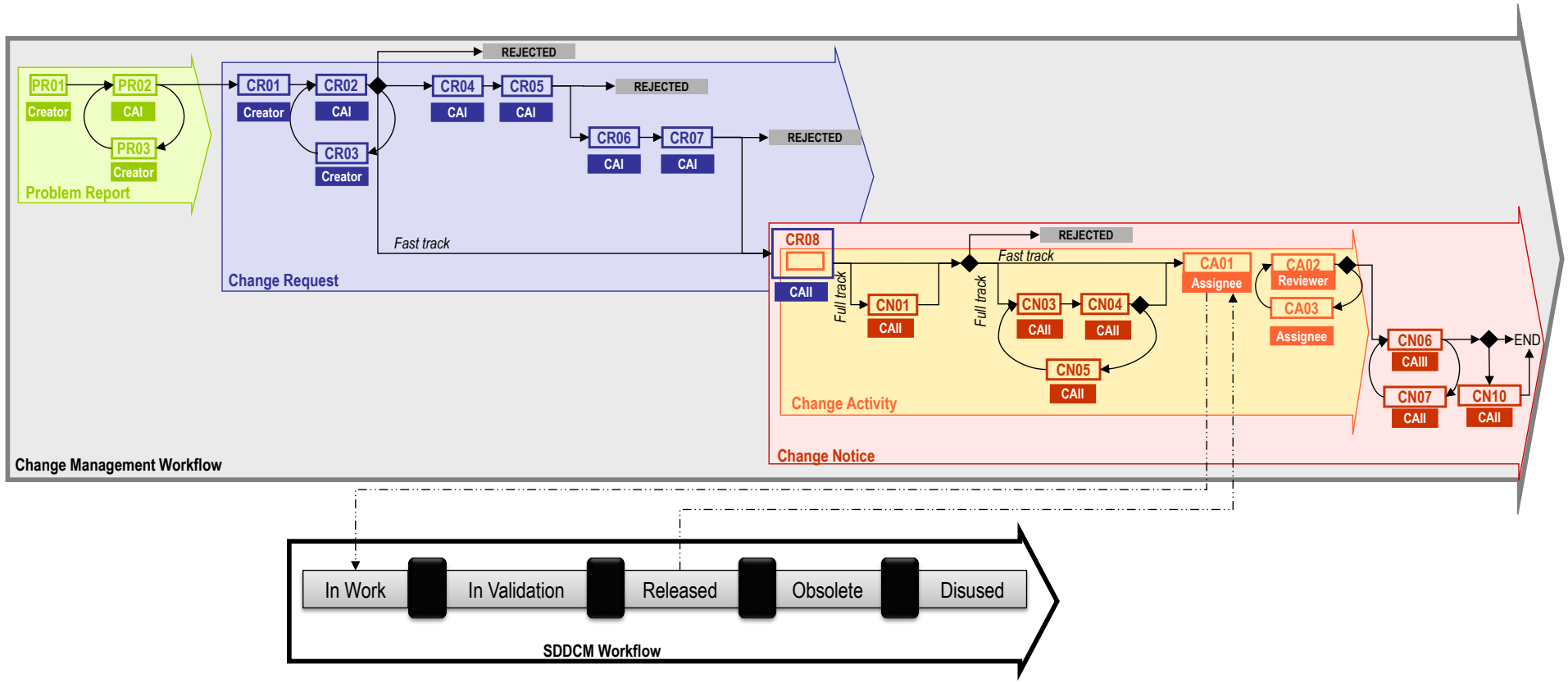


Figure III.17- Vue d'ensemble du processus complet de gestion des modifications

4.3 COUPLAGE

4.3.1 Principe

La présentation du processus de gestion des modifications (PGM) que nous venons de faire montre d'importantes analogies avec le processus PSM que nous avions décrit dans le §III.2.

Déjà, le PGM et les processus PSM ont en commun d'être des activités créatives, au cours desquelles la production de solutions est nécessaire. L'émergence de nouvelles idées et d'informations y est encouragée.

Ensuite, les objectifs des activités principales sont très proches et les formalismes utilisés dans les deux cas peuvent être confondus.

Enfin, ce parallèle entre la résolution de problèmes et la gestion des modifications est aussi révélateur de similarités pour :

- la méthode : enchainement structuré d'activités en réponse à un évènement,
- la réflexion : analyse de l'environnement, production de solution.

Nous allons profiter de ces analogies pour assurer un réel couplage des deux processus afin de faciliter la saisie d'expérience REx mise en place pour la gestion des événements négatifs [Bertin & al 2011a].

Au contraire de la proposition faite dans le §III-3.3 où nous proposions un simple "enregistrement" dans le PLM de la fiche REx/PSM, après son établissement, nous proposons ici d'établir la fiche REx/PSM dans le cadre même du PLM. Pour cela, nous allons rattacher les quatre phases clés du processus de résolution de problèmes aux objets de la gestion des modifications du PLM.

Nous illustrons d'abord sur le schéma de la figure III.18, le positionnement général des deux processus superposant les phases et sous phases du PSM aux quatre sous processus du PGM.

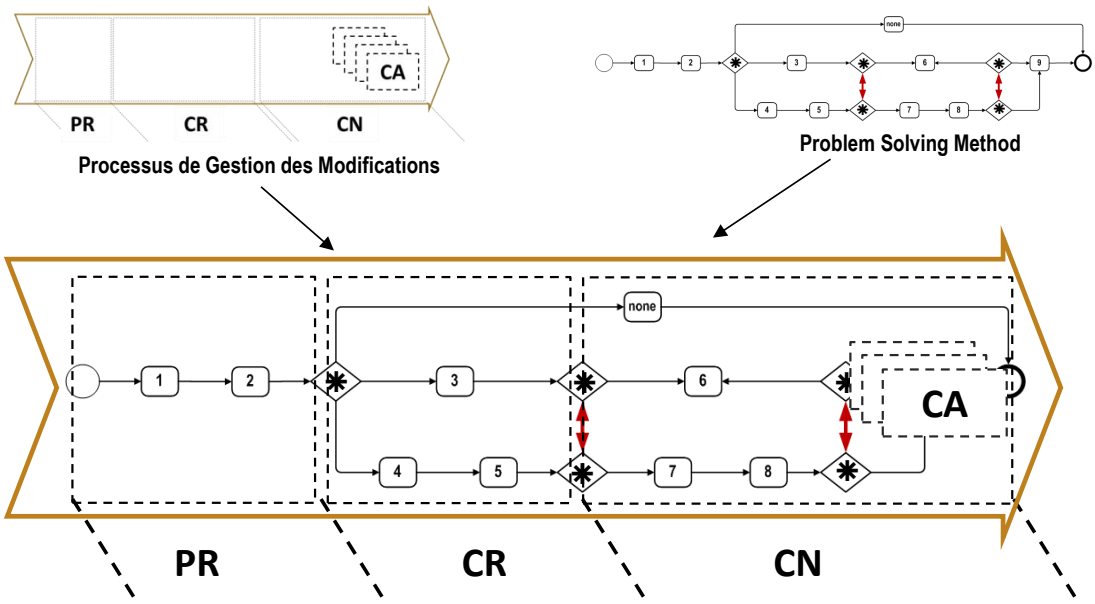


Figure III.18 - Articulation des processus

Le processus de résolution de problèmes porté par le PLM garde son caractère générique. Les trois niveaux de complexité de résolution que nous avions identifiés (§III-2.3) s'appliquent sur les objets PLM comme suit :

- problème élémentaire : prise en compte du rapport de problème et mise en place de la solution curative sans demande de modification,
- problème simple : processus "Fast-Track" de gestion des modifications, impliquant une démarche portée par les pilotes de résolution,

. problème complexe : processus "Full-Track" de gestion des modifications, impliquant une équipe d'investigation et des responsables décisionnels rassemblés dans les comités : TRB, CRB et CIB.

Insistons ici sur les similarités entre le processus Fast-Track du PGM et celui du PSM simple et entre le processus Full-Track du PGM et celui du PSM complexe. De par ces similarités, les activités inhérentes aux phases du PSM s'intègrent sans difficulté à l'organisation logique du PGM. Cette intégration ne nécessite aucune modification notoire. Seuls, quelques aménagements, que nous décrivons ci-après, peuvent être apportés pour faciliter l'intégration.

Nous avons montré dans [Bertin & al 2012a] que les avantages théoriques de l'application combinée des concepts PSM, REx et PLM sont indéniables. Les développements de la plateforme en contexte sont présentés dans le paragraphe suivant.

4.3.2 Aménagements

Sur les consignes

Nous révisons les processus de chaque objet du PGM pour mettre en correspondance les opérations du workflow avec les activités menées dans le processus PSM. Ces activités sont réalisées hors du périmètre PLM via l'emploi d'outils d'étude et d'analyse dédiés (cf. Tableau III.1).

La première proposition d'aménagement est de modifier l'intitulé des tâches ainsi que les instructions portées par les actions et les tâches du workflow du PGM pour associer ou mieux combiner les processus.

Ces instructions, illustrées par les encadrés en rouge sur les deux illustrations d'écrans de la figure III.19, sont ainsi explicitées pour guider le traitement de résolution du PSM (il s'agit là d'écrans proposés à l'acteur dans la réalisation du processus).

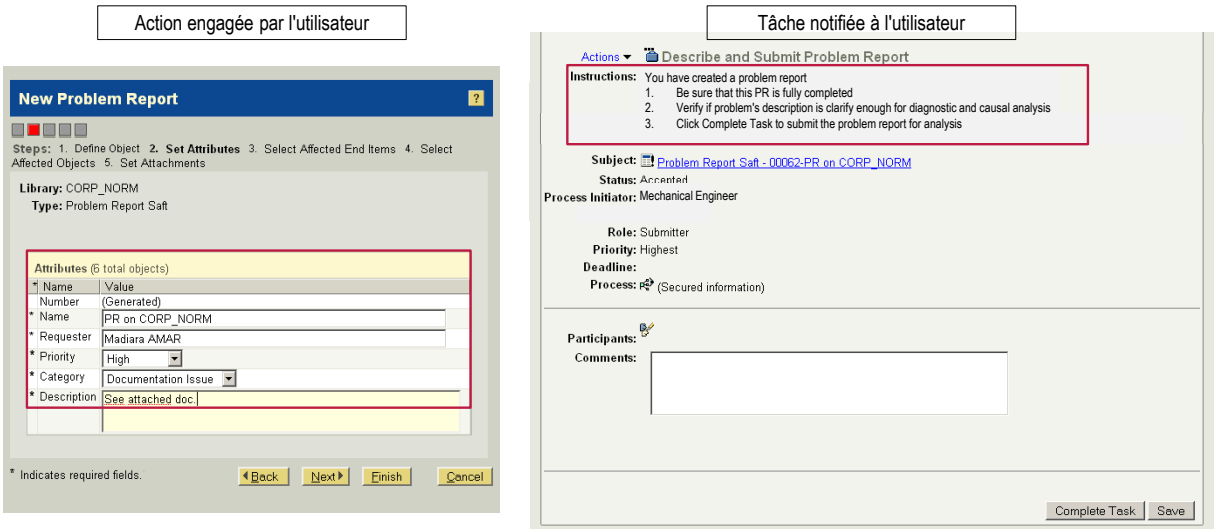


Figure III.19 - Aménagement des consignes dans les actions et tâches du workflow

Plus précises dans la description des activités, les consignes relatives aux actions et aux tâches intègrent la démarche de résolution de problèmes. Elles décrivent les activités spécifiques de la méthode de résolution engagée par le mode Fast-Track ou le mode Full-Track et suggèrent l'emploi d'outils de la bibliothèque dédiés au traitement.

Les instructions et les paramétrages sur les attributs des tâches, des actions et des objets PGM suggèrent et forcent l'utilisation de la méthode de travail à engager au fur et à mesure du processus.

Sur les rôles

Nous allons "affecter" aux rôles clés du PGM certaines des principales responsabilités de conduite du processus PSM. Nous rappelons les entités impliquées dans ces processus :

- PGM : créateur, CAI, CAII, CAIII, TRB, CRB, CIB,
- PSM : témoin, pilote, experts (équipe de résolution), équipe décisionnelle.

Les rôles d'administration.

Les responsabilités d'administration dans le PGM sont réparties sur trois niveaux correspondant aux rôles d'administrateur CAI, CAII et CAIII. Le processus PSM est contrôlé, lui, par un seul pilote.

Nous avons mis en correspondance les responsabilités de chacun des rôles PGM avec les charges du pilote PSM. Pour ces activités d'administration du pilote, nous avons identifié trois "lots" d'activités que nous allons affecter aux trois administrateurs du PGM.

Le CAI est en charge de piloter le processus jusqu'à sa transmission au CAII. Nous complétons sa mission initiale par :

- l'établissement du diagnostic issu de l'analyse et la confirmation du PR,
- le pilotage des résolutions élémentaires hors PLM et l'intégration de leur résultat comme commentaire de clôture du PR,
- la mise en œuvre des étapes d'investigation et d'analyse causale en fonction de la complexité du processus de CR,
- la gestion de la constitution des propositions de solution et de leur validation dans le CR.

Le CAII est en charge de mettre en application tout le plan d'implémentation. Nous enrichissons sa mission des actions suivantes :

- la planification des tâches CA permettant la résolution du problème,
- le suivi de leur réalisation,
- la mise en place d'un système de suivi a posteriori sur les éléments.

Le CAIII est en charge d'auditer le processus ; nous complétons son domaine d'action par :

- l'assurance de la conformité des résultats sur toute l'étendue du processus,
- la clôture du processus via la communication aux parties prenantes,
- l'encouragement et les félicitations des comités, équipes et personnels concernés.

Sur les comités

Les membres des comités participant aux processus des objets du PGM sont coordonnés par les CAI (pour le TRB et le CRB) et par le CAII (pour le CIB). Ils seront impliqués dans l'équipe de résolution et l'équipe décisionnelle du processus complexe.

Dans le PSM, l'équipe constituée est couramment en charge du processus complet (les niveaux extrêmes de la méthode 8D, par exemple, sont : 1er D : définir l'équipe, 8e D : clôturer et féliciter l'équipe [Ford 1989].

Nous proposons que les membres de l'équipe soient scindés en trois groupes, par analogie avec les comités TRB, CRB et CIB, en charge chacun d'une mission particulière. Participant à certaines activités ciblées du processus, chaque comité est en charge d'une mission spécifique.

Nous nous appuyons sur les responsabilités allouées aux équipes des méthodes complexes de PSM pour étendre les rôles des comités TRB, CRB et CIB, transférant vers ces comités certaines des activités des équipes.

Le TRB est l'équipe d'analyse et de proposition de solution. Cette équipe se réunit pour développer, en réponse au problème posé, la ou les solutions techniques *métier* adaptées.

En charge d'analyser finement le problème pour proposer des solutions techniques chiffrées, elle est composée des experts *métier* techniques qui participent à :

. l'investigation : recherche et hiérarchisation des causes, établissement de la cause racine,

. la conception : proposition de solutions fonctionnelles puis techniques chiffrées.

Le CRB est l'équipe en charge de valider les causes établies. Ce comité est composé des membres du CODIR.

Le CIB est en charge de développer le plan d'implémentation relatif à la demande de modification approuvée. Il planifie la réalisation des actions correctives pour gérer leur exécution. Il est composé des responsables *métier,* connaisseurs des ressources disponibles et compétentes pour mettre en œuvre les actions de résolution.

Nous rappelons sur le schéma de la figure III.20 l'organisation générale de l'architecture associant les différents processus.

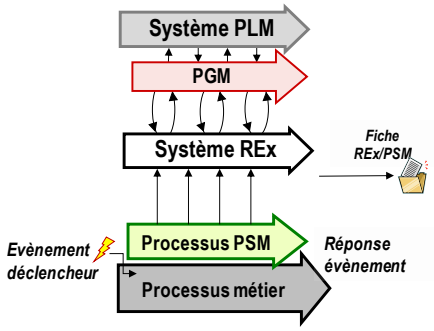


Figure III.20 – Organisation générale de l'architecture REx/PSM – PLM proposée

En réponse à l'évènement déclencheur, le processus PSM est initialisé ; l'expérience est "tracée" grâce à la fiche REx/PSM du système REx supporté par les mécanismes du PLM. Nous avons synthétisé par des arcs en double sens la prise en charge par le PGM du processus d'évolution de la fiche REx/PSM.

Sur le schéma de la figure III.21, nous reprenons le modèle général du processus PSM que nous avions établi pour la résolution des problèmes Saft ; nous précisons sur ce schéma les phases PGM correspondantes et les acteurs PGM impliqués. Cette représentation illustre parfaitement la correspondance entre les deux processus que nous mettons en valeur dans ce paragraphe.

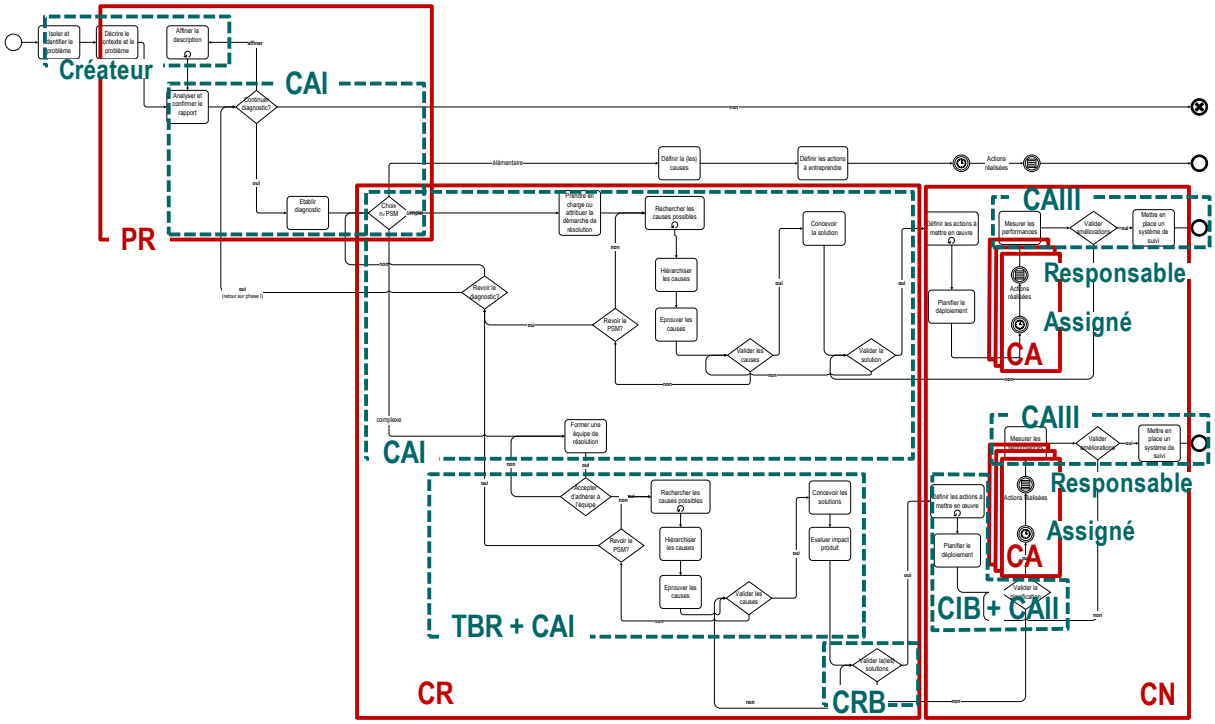


Figure III.21 - Modèle général PSM dans le PGM

Sur la fiche de Retour d'Expérience

Dans ce nouveau mode de prise en charge de la fiche REx, tout au long de sa constitution, toute l'expérience PSM sous-jacente est indirectement retranscrite par le processus PGM. Certains aménagements sont à porter sur la fiche REx/PSM.

La fiche REx supporte les activités du processus PSM.

La fiche REx inclue les éléments génériques relatifs à la description de l'expérience (Tableau III - 3), elle reprend les champs relatifs à l'Identification, au Contexte, à l'Analyse, aux Solutions, au Déploiement et à la Clôture.

Les champs d'attribut des objets et des actions et tâches PLM sont compilables avec certaines cellules identifiées de la fiche REx. L'automatisation de cette action est, elle aussi, aujourd'hui un projet car elle nécessite une customisation du paramétrage *"en dur"* de l'application, configuration gênante pour la pérennité de l'infrastructure informatique. L'accès à l'information est primordial et la restitution de Fiches REx formalisées permet aux acteurs d'exploiter les expériences passées en menant un Raisonnement à Partir de Cas (RàPC) [Aamodt & al 1994].

La documentation, active via le moteur de recherche, permet aux acteurs externes ou internes au processus de consulter les informations nécessaires à la réalisation de leurs activités. Ces informations serviront à faciliter la caractérisation de l'expérience pour créer des connaissances.

Nous reprenons dans le tableau III.4 la fiche REx que nous avons présentée au §II.3.2 ; nous rapportons dans ce tableau les éléments de couplage avec le processus PGM : la phase PGM correspondante, le mode de saisie de l'information, l'acteur effectuant la saisie, le gisement de l'information. La lecture de ce tableau révèle, là encore, la bonne correspondance entre les deux processus.

					Phase PGM	Mode	Entité qui saisit l'information		Où trouver l'information
	Fiche REx			I1 : réf.	CR	Automatique	système		attribut dédié fiche REx
				I2 C / A / S / D / Cl	PR/CR/CN	Manuel	système		
I identité	I3	nom de l'objet concerné	type d'anomalie		CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié PR et CR
	I4	responsable fiche REx			CR	Automatique	système		attribut dédié fiche REx
	I5	date création fiche			CR	Automatique	système		attribut dédié fiche REx
C Contexte	C1	témoin	service	date détection	PR	Manuel	CA1		attribut dédié PR
	C2	description du problème			CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié CR
	C3	actions 1ère urgence			CR	Manuel	CA1		
	C4	pilote : experts :			CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié CR
	C5	objectifs				Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié CR
		premier diagnostic	Gravité	Niveau de résolution PE PS PC	CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié PR et CR
	C6	méthode ou outil PSM utilisé (?)			CR	Manuel	CA1		
	C7	références/liens documents C			CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié CR
A Analyse		analyse des causes			CR	Manuel	CA1	TRB	
	A1	causes effectives	tests/essais réalisés		CR	Manuel	CA1	TRB	
		causes écartées			CR	Manuel	CA1	TRB	
	A2	conséquences avérées			CR	Manuel	CA1	TRB	
	A3	conséquences potentielles			CR	Manuel	CA1	TRB	
	A4	impact			CR	Manuel	CA1	TRB	
	A5	méthode ou outil PSM utilisé		PE PS PC	CR	Manuel	CA1	TRB	
	A6	références/liens documents A			CR	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1		attribut dédié CR
S Solution	S1	solution retenue			CR	Manuel	CA1	CRB	
	S2	description			CRouCN	Manuel ⇨ *automatisable*	CA1/CA2		attribut dédié CN
	S3	répercussions avérées . conformité CdC client? exigences production? exigences process? exigences achats? exigences logistique? . qualité . sécurité			CR	Manuel	CA1	TRB	
	S4	solutions concurrentes (non retenues)			CR	Manuel	CA1		
	S5	méthode ou outil PSM utilisé		PE PS PC	CN	Manuel	CA2	CIB	
	S6	références/liens documents S			CN	Manuel ⇨ *automatisable*	CA2		attribut dédié CN
D Déploiement	D1	planning			CN/CA	Manuel ⇨ *automatisable*	CA2	CIB	lien CA
		tâches	difficultés	durées	CN/CA	Manuel	CA2	CIB	
	D2	efficacité			CN	Manuel	CA3	CIB	
	D3	améliorations proposées			CN	Manuel	CA3	CIB	
	D4	généralisation			CN	Manuel	CA3	CIB	
	D5	références/liens documents D			CN	Manuel	CA3		
Cl Clôture	Date				CN	Automatique	CA3		workflow FR

Tableau III. 4 - Fiche REx couplée PGM

En nous appuyant sur les travaux de Jabrouni [Jabrouni 2011] et les fonctionnalités du logiciel T-REx/ProWhy(*) développé par le laboratoire Génie de Production de l'ENIT, nous envisageons d'étendre les caractéristiques de la fiche REx dans un mode interactif.
(*) T-REx/ProWhy supporte, dans le même cadre de traitement d'évènements négatifs à partir d'outils PSM, plusieurs méthodologies standard pour la résolution de problèmes.

Nous proposons de guider la démarche de résolution à partir de la fiche REx elle-même, via l'adjonction de certains onglets à la fiche. Le contenu de ces derniers, adapté aux outils Saft, permettra de proposer à même la fiche, une boite à outils disponible pour favoriser l'emploi des outils de résolution.

Les onglets additionnels proposeront les outils de la démarche. La définition des outils sera spécifique à Saft, conformément au World Class (cf §III.2.1).

Chaque outil sélectionné et spécifiquement applicable à la résolution PSM proposée sera décrit comme une trame pré-formatée du document Excel. Ces outils seront paramétrés par les fonctionnalités Excel telles que des formules, des cellules figées ou contraintes... pour faciliter l'analyse des résultats. Plusieurs extensions sont possibles :

- chaque onglet est décrit par une notice explicative rédigée comme le mode d'emploi des outils pour faciliter l'utilisation par l'acteur,
- les champs d'outils disponibles dans la fiche REx seront harmonisés aux instructions rédigées dans les tâches de workflow. L'accompagnement de l'utilisateur pour la conduite la démarche PSM sera assuré,
- les formules pourront être paramétrées et les liens de compilation entre les attributs PLM et ceux de la fiche établie.

Plusieurs champs de données seront utilisés dans les onglets. Les cellules de ces champs seront liées pour éviter la ressaisie et la redondance d'informations au cours des activités séquentielles du processus.

4.4 L'IDENTIFICATION DES ACTIVITES SPECIFIQUES DU RETOUR D'EXPERIENCE

Nous avons exposé dans le chapitre II (§.II.3.4) les principes d'organisation et de fonctionnement d'un système REx.

Nous reprenons ici les phases principales et montrons comment elles sont impliquées dans le système REx/PSM que nous avons mis en place dans le contexte PLM Saft.

4.4.1 La phase d'acquisition.

La phase d'acquisition est naturellement associée au processus d'élaboration de la fiche REx propre à l'expérience considérée. L'enregistrement de l'ensemble des informations collectées sur le terrain à chaque étape du PSM a une forte valeur ajoutée pour la capitalisation.

Cette capitalisation, via les outils du PSM, va bien au-delà du simple enregistrement du résultat obtenu ; elle considère les informations significatives de description du processus de résolution et concerne les processus et les moyens mis en œuvre pour établir ce résultat [Bertin & al 2011b].

L'organisation <PSM–REx–PLM (via le PGM)> que nous avons proposée répond doublement à l'attente d'un système d'acquisition non intrusif. D'une part, le couplage PSM-REx permet d'utiliser directement les outils de réalisation de l'expérience pour expliciter et capitaliser celle-ci. D'autre part, le couplage REx–PLM permet d'exploiter naturellement l'organisation PLM en place pour assurer cette capitalisation. La solution mise en place encourage la création et la collecte d'informations formalisées et récupérables au fur et à mesure de la démarche.

Calqués sur les rôles du processus PGM, les rôles dans le système REx sont clairement identifiés et ils permettent d'exploiter au mieux les compétences des acteurs engagés sur ceux-ci. La systématisation de l'emploi d'une procédure de résolution des problèmes et de la formalisation de l'expérience que constituent ces résolutions assure les conditions d'une bonne acquisition des connaissances des acteurs, même celles non explicitées mais néanmoins "tracées" dans les informations capitalisées.

4.4.2 La phase de traitement

Souvent tronquée dans les systèmes REx, la phase de traitement qui permet, à partir des expériences enregistrées, d'établir de nouvelles connaissances est favorisée par l'organisation <PSM-REx-PGM>. Les informations consignées dans les fiches REx et les supports du processus complet permettent des investigations

poussées sur la manière dont sont conduits les processus d'analyse et décisionnels et sur les résultats auxquels ils aboutissent.

La première conséquence et, aussi, la première forme d'intérêt du système est de permettre, comme nous le montrerons dans le chapitre suivant, l'expression de règles *métier* ou de bonnes pratiques sur la résolution des problèmes rencontrés. La formalisation des enseignements tirés du résultat de ces expériences permettra d'éviter la reproduction des problèmes concernés et, s'ils réapparaissent, de les résoudre plus facilement.

A cet effet, nous définissons un expert REx pour le site. L'expert REx organise et accompagne les réunions dédiées à cette création de connaissances. Ces réunions de traitement sont animées pour stimuler la création de connaissances chez les membres des équipes (experts et acteurs décisionnels) des sujets en cours.

La validité des connaissances est assurée car les résultats du traitement peuvent être issus des actions de la résolution :

- la création ou la mise à jour de connaissances (règles métier, normes...) créées à partir du processus,
- la mise à jour ou la création de données techniques (mise à jour de documents techniques après réflexion d'experts sur un domaine concerné).

Une autre conséquence est la possibilité de dégager une connaissance utile sur l'efficacité de la conduite même du PSM par la confrontation entre elles de certaines informations recueillies.

Evoquons, par exemple, l'exploitation qui peut être faite du rapprochement des trois champs suivants :

nature de problème *(type d'anomalie ou objet cible ou technologie concernée)*
+
identité de l'acteur (*quel témoin, quel pilote)*
+
conduite du processus PSM *(niveau de complexité perçu, appuis sollicités)*

pour extraire d'un ensemble d'expériences un enseignement sur l'adéquation des acteurs et leur compétence face à certaines formes de problèmes et en déduire les meilleures configurations de ressources pour les futurs traitements PSM.

4.4.3 La phase d'exploitation.

L'exploitation des connaissances induites par l'application du système REx est effective à deux niveaux différents dans les processus Saft.

D'abord, c'est l'utilisation directe de ces connaissances par l'application des standards et des règles *métier* dans les activités quotidiennes des nouveaux développements. Le principal vecteur de cette exploitation est représenté par les Normes Standards Saft qui sont une expression de ces connaissances acquises et dont nous exposerons l'utilisation dans le chapitre IV.

Ensuite, c'est directement au cours de la résolution de nouveaux problèmes que ces connaissances seront réutilisées. L'utilisation étendue des mécanismes du RàPC (Raisonnement à Partir de Cas) lors de la résolution des problèmes, aux différents stades du diagnostic, de l'analyse des causes, de la recherche et de la mise en œuvre des solutions, permet d'exploiter ces connaissances issues des cas similaires passés.

L'information utile est récupérable dans les fiches REx stockées en bibliothèques partagées, via des outils de recherche indexée sur des mots-clés d'objets, d'attributs, de rôles et de contenus, en lien avec la structure proposée pour les fiches (§ III.3.2) et dans des modes *push* ou *pull* en lien avec les acteurs associés (§ III.4.3.2.3).

5 EXEMPLE D'APPLICATION

Ce paragraphe est consacré à la présentation d'une résolution de problèmes sur un cas concret de défaut.

Le produit sur lequel est détectée l'anomalie est une batterie. Au niveau PLM, elle est déclarée en phase production et gérée en conséquent. Induite par une réclamation client, la manifestation du problème initie l'expérience de résolution que nous présentons ici pour montrer l'applicabilité de la solution REx que nous avons développée.

La réclamation concerne certaines caractéristiques techniques du produit : elle est donc directement liée à la définition du produit.

Le modèle de l'expérience et des connaissances sera généré, à l'issue du traitement de l'expérience de modification, par l'établissement des fiches REx renseignées au cours du processus.

Nous présentons cette phase expérimentale pour :

1) valider la solution REx que nous avons proposée en vérifiant son applicabilité et qu'elle génère des données ré-exploitables (fiches REx dans la base PLM),

2) vérifier que la solution satisfaisait aux attentes des utilisateurs et qu'elle pourra être opérationnalisée pour toute demande de modification dans le PLM.

Cette étude de cas mettra aussi en évidence :

. les prérequis nécessaires pour appliquer la démarche,

. l'importance de l'implication et de la motivation des pilotes pour conduire le processus de résolution structurée support de la méthode,

. l'effet des changements d'habitude de travail qui doivent être accompagnés en interne pour sensibiliser les utilisateurs aux bénéfices résultants.

Soulignons que le cas que nous exposons ici correspond à un problème complexe car il retrace un processus complet de résolution de problème comportant un important travail d'analyse et de recherche de solution.

Ce travail a été réalisé en parallèle du processus de résolution interne "papier" encore en vigueur à Saft à la date de l'expérience ; la confrontation aux développements de l'approche a permis de s'assurer que la solution était complète et à la portée des utilisateurs.

L'exemple est présenté dans l'ordre chronologique d'apparition des évènements. Nous présentons les actions, acteurs et informations engagés au fur et à mesure de leur participation dans la démarche pour mettre en avant les apports de structuration de la méthodologie de résolution de problème et les ancrages des éléments de REx.

5.1 SITUATION INITIALE : UNE RECLAMATION SUR LES DURITES DE BATTERIE

L'évènement déclencheur de l'exemple est un cas réel, apparu chez un client, sur un ensemble de composants similaires localisés à un endroit spécifique sur plusieurs batteries : la détérioration de durites avec la détection d'un dépôt blanc sur le composant (aspect et étanchéité).

Le processus de réclamation est enclenché par le client auprès du service Support Qualité Saft. Un ingénieur ou un technicien de ce service, déclaré avec un rôle "invité" dans les contextes de produit du PLM, prend en charge cette réclamation : c'est le témoin.

Le témoin initialise un rapport de problème (PR).

Il déclare l'incident et les actions réalisées pour répondre à la réclamation dans un PR. Conformément aux instructions de la tâche de description, il doit :

- renseigner les éléments du contexte et de l'évènement via les champs automatiques du PLM,
- relier au PR les documents de description (mails, photos, réclamation...) et les objets affectés du PLM.

Les informations issues de la réclamation permettent de décrire le contexte. Ce document formalisé par Saft contient des informations sur :

- l'identification des produits concernés : Batterie XXX et les informations relatives à sa configuration,

- les conditions d'utilisation des batteries : rapports de maintenance, temps d'utilisation de la batterie, conditions d'entretien...,
- la date de détection du défaut et sa description : localisation sur la batterie (photo),
- les premières investigations mises en œuvre pour identifier le défaut : expertise chimique des dépôts, essais techniques pour tester l'isolation du composant.

Le créateur du PR, témoin, déclare et intègre la description du problème technique issu du processus de réclamation. Le processus de réclamation est un processus *métier* à part entière que nous ne décrivons pas dans l'exemple. Ses données de sortie sont les données d'entrée du rapport de problème.

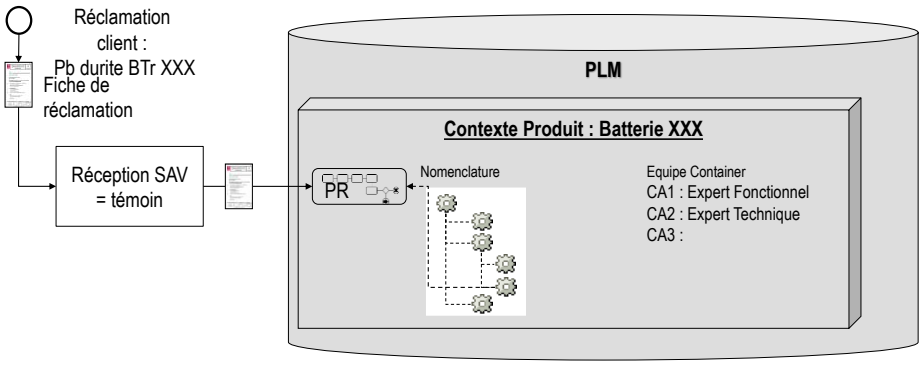
Lorsqu'il considère que sa description est claire et complète, il valide la tâche de promotion du PR. La notification d'analyse est envoyée au CAI.

Le responsable technique de ce produit (acteur garant de la conformité de la définition de la batterie à l'état de production), est le pilote et, conformément aux instructions, il doit :

- prendre connaissance de la description du problème,
- faire une analyse générale du problème supportée par l'outil "QQOQCPC - Est/N'est pas" suivant les résultats de l'analyse chimique réalisée lors de la réclamation,
- rechercher les PR similaires ouverts dans les contextes de produit et consulter la bibliothèque des fiches REx,
- confirmer que le problème nécessite une démarche de résolution impliquant la modification d'un ou de plusieurs composants de la batterie.

La prise en charge du problème est nécessaire car il y a un impact sur la satisfaction du client et aucune solution n'est évidente.

Nous illustrons la conduite du processus sur le schéma de la figure III.22 dans lequel nous retrouvons toutes les informations, actions et compétences mises en œuvre.



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Outil fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	Document Saft externe PLM rattaché
Support Qualité	Réclamation client : - cristaux blancs sur durites - problèmes isolation	Détection : besoin d'investigation	champs / attributs / liens	Contexte		Témoin	PR - En cours	Article durite - Officiel objets attachés - Officiel	Réclamation client
Ingénieur Matériaux	Lancer de PSM		champ		Est/N'est pas Inspection visuelle	CA1	PR - Validé	Article durite - Officiel Objets attachés - Officiel	

Figure III.22 - Prise en charge du problème

L'extrait de tableau joint à la figure III.22 fait partie d'un outil de validation que nous avons mis en œuvre pour cette étude de cas et qui permettait de vérifier, par remplissage progressif des champs proposés, la cohérence de la progression par confrontation au cas d'expérience. Nous retrouverons cet élément de validation sur les figures III.23 et III.24 suivantes.

5.2 RECHERCHE DES CAUSES ET ELABORATION DE SOLUTIONS

Le responsable technique de ce produit crée une CR liée au PR ; il assure le pilotage du processus.

Il génère une instance de fiche REx dont il compile les champs d'informations avec les éléments du PR et renseigne manuellement les champs libres.

Il établit un diagnostic suite au constat de l'analyse faite à la réception du PR. Le problème est complexe :

- d'une part, le problème est récurrent (constaté sur quatre batteries) et impacte le produit client par des dégâts matériels (détérioration de la durite),
- d'autre part, la solution est inconnue, liée à la définition d'un composant ; elle nécessite l'expertise de plusieurs domaines *métier* (notamment techniques).

Le workflow sélectionné est le processus Full-Track.

Le pilote sélectionne une équipe d'experts techniques, le TRB, comprenant un ingénieur matériaux (polymère), un ingénieur chimiste et un ingénieur mécanicien depuis la liste proposées par la tâche CR et déclare ces experts dans la fiche REx.

Il planifie des ateliers de travail pour analyser les causes et les impacts ; cette activité, réalisée en dehors du contexte PLM, génère un Rapport d'Analyse Technique interne.

Le Rapport d'Analyse Technique permet de décrire :

- le contexte d'apparition (éléments complétés par la fiche de réclamation),
- la présentation des tests réalisés sur les échantillons : la nature chimique et les caractéristiques du dépôt, les caractéristiques relatives aux capacités isolantes du composant,
- les mesures et observations chimiques, optiques, mécaniques (résistance à l'isolement),
- les conclusions.

Ce document est lié au CR et aux composants du PLM concernés. Les conclusions sont reportées manuellement dans les champs du CR. Elles aboutissent aux causes suivantes :

- le dépôt est dû à une mauvaise utilisation de la batterie (par le client),
- la défaillance est due à un manque de résistance et de performance du matériau.

En réunion TRB, le groupe valide les causes. Bien que les conditions d'utilisation par le client soient le premier paramètre mis en cause, le TRB propose d'améliorer la définition du composant pour éviter toute réapparition du problème.

Le TRB propose et argumente des solutions potentielles. Le responsable technique du produit, le CAI, retranscrit ces informations dans les champs de texte appropriés du CR. Il les déclare dans la fiche REx :

- solution 1 : changement de matière chez le fournisseur initial. Suite à un audit (dont le rapport est lié au CR) mené dans le cadre du PSM, le fournisseur ne dispose pas de matière qui satisfait aux exigences ;
- solution 2 : changement complet de définition et de matière : demande de qualification d'une nouvelle matière chez un nouveau fournisseur.

Le responsable produit s'assure que la proposition est claire et complétée dans les champs du CR et de la fiche REx.

Il valide la conception des solutions.

Il sélectionne une équipe d'experts décisionnels, CRB (responsable du service technique, responsable qualité, responsable achat) depuis la liste proposée par la tâche CR et les déclare dans la fiche REx.

Une notification est envoyée pour validation aux membres du CRB.

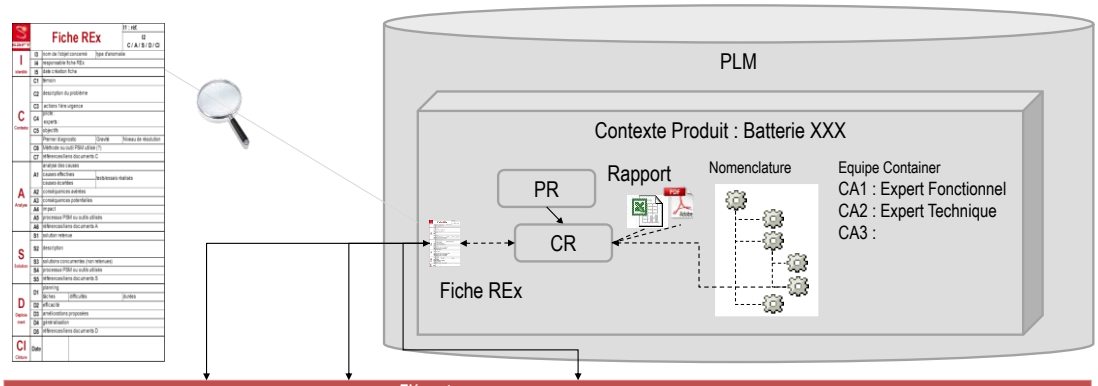
Les membres du CRB ont accès aux conclusions du travail effectué par le TRB depuis le CR. Ils présentent le sujet en CODIR et sélectionnent la solution 2 : changement complet de définition et de matière. L'accord de chacun des membres est nécessaire pour valider la solution.

Le CRB transmet cette décision au responsable technique du produit.

Le responsable produit restitue la décision du CODIR. Il valide le CR en y intégrant le message de réponse. Il déclare ces informations dans la Fiche REx.

Cette validation automatise la création d'un CN ; une notification est envoyée au CAII, le responsable du bureau d'études.

La conduite de ce processus est illustrée par le schéma de la figure III.23.



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Outil fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	Document Saft externe PLM rattaché
Responsable Batterie	Rapport d'Analyse : - Qualité/performances techniques du matériau - Utilisation client	pré-analyse : etablissement du diagnostic = complexe	champs / attributs / liens	Analyse	QQOQCP outil interne	CA1	CR - En Cours	Article durite - Officiel objets attachés - Officiel	Rapport d'analyse
Ingénieur Matériaux Ingénieur Chimie Ingénieur Mécanique	Rapport d'Expertise - Autres matières même fournisseur -Nouvelle matière/nx fournisseur	Rechercher les solution	champs / attributs / liens Rôles Bibl sélectionnés	Analyse	outil interne	TRB	CR - En Cours	Article durite - Officiel objets attachés - Officiel Rapport Qualification - En cours	Rapport d'expertise
Ingénieur Matériaux Ingénieur Chimie Ingénieur Mécanique	Etudier les solutions - Audit Fournisseur - Demande d'étude : qualification de Matière	Etudier les solutions	champs / attributs / liens Rôles Bibl sélectionnés	Solutions	outil interne	TRB	CR - En Cours	Rapport Audit - Officiel Rapport Qualification - Officiel	
Responsable Batterie	Pb de matière	Proposer une solution	champ	Solutions		CA1	CR - En Cours		
Responsable Technique Responsable Qualité responsable Achat	Valider le changement de matière	Valider	champs / attributs / liens Rôles I sélectionnés	Solutions		CRB	CR - En Cours		
Responsable Batterie	Retranscrire le résultat du CRB	Valider	champ	Solutions		CA1	CR - En Cours		

Figure III.12 - Analyse du problème et validation de solution

Les informations compilées dans la fiche REx retracent l'ensemble des décisions et activités entreprises pour aboutir à la solution choisie.

La fiche REx comprend toutes les conclusions issues des activités d'expertise technique et l'identité des acteurs ayant généré l'information.

5.3 IMPLEMENTATION ET REALISATION DE LA SOLUTION

Le responsable du bureau d'études reçoit la demande de complétion de la CN :

. il s'assure que les informations automatiquement synchronisées avec le CR sont conformes,

. il sélectionne l'équipe de CIB (dans ce cas, c'est encore : ingénieur matériaux, ingénieur mécanicien, ingénieur chimiste) depuis la liste proposée par la tâche CR et les déclare dans la fiche REx.

Les métiers sélectionnés sont les ingénieurs des disciplines concernées par l'implémentation des solutions.

Il programme une réunion pour mettre en place un planning de tâches où le CIB planifie :

. une CA impliquant la création et l'approbation du rapport de qualification. L'assigné est l'ingénieur chimiste, le responsable est le responsable technique,

. une CA impliquant l'évolution de la pièce (changement de définition et de matière) et mise à jour du plan. Le responsable BE révise l'objet ; l'assigné est un dessinateur/projeteur, le responsable est le responsable du produit,

. une CA impliquant la mise à jour de toutes les nomenclatures de cas d'emploi et des plans associés. Le responsable BE révise les nomenclatures (via un système de sélection de tous les cas d'emploi) ; l'assigné est un dessinateur/projeteur, le responsable est le responsable du produit,

. une CA impliquant la demande d'évolution*, via un PR, de la spécification technique du composant. L'assigné est l'ingénieur matériau déclaré dans la bibliothèque des NS Techniques, le responsable est le responsable du produit.

(*) le processus PGM qui est initialisé par cette CA sera illustré par l'exemple proposé en fin du chapitre IV dans le paragraphe § IV.4.

. des actions décrites sur un fichier, prises en charge par un outil additionnel Saft qui gère les actions hors PLM. Ce planning est joint au CN.

Le CAII déclare la liste des objets affectés et le planning d'action détaillé dans la fiche REx et valide la tâche d'implémentation.

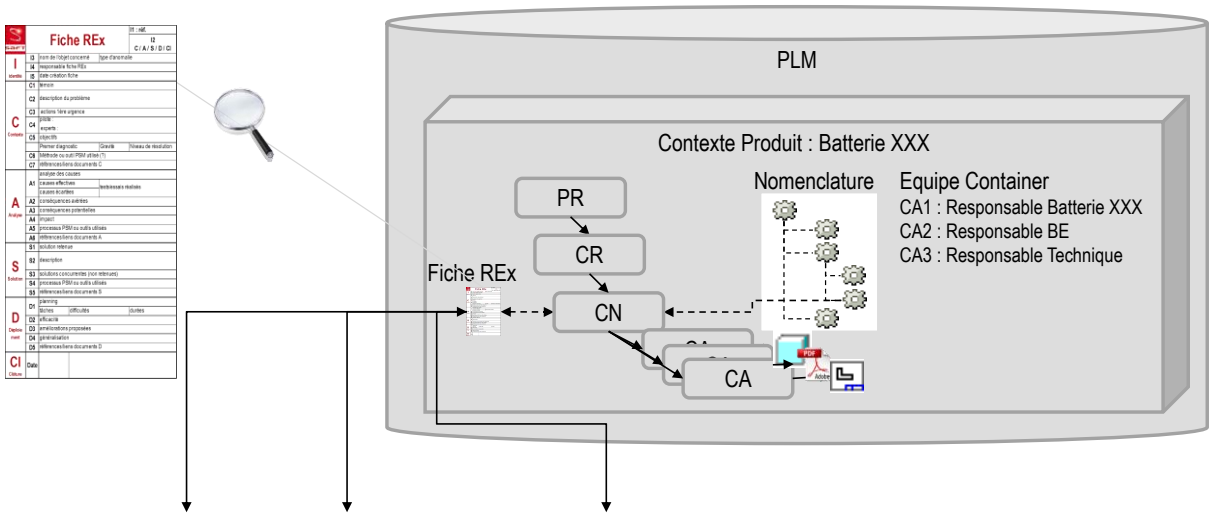
Les workflows de validation des objets PLM liés aux CA se déroulent en parallèle de façon indépendante. Lorsque le workflow de validation est terminé, les objets sont modifiés et passent au statut "Officiel" ; le responsable passe la CA à l'état "Resolved". Il déclare la complétion de l'action dans la fiche REx.

Une notification automatique de CN est envoyée au CAIII lorsque toutes les CA sont à l'état "Resolved".

Le responsable du Service Technique est alors requis pour réaliser l'audit du processus de gestion des modifications.

Conformément aux instructions de la tâche d'audit, il doit s'assurer que la fiche REx est entièrement complétée, enclencher le processus de validation de la fiche REx et valider la CN.

Nous illustrons la démarche sur le schéma de la figure III.24.



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Outil fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	document Saft externe PLM rattaché
Ingénieur Matériaux Ingénieur Chimie Ingénieur Mécanique	Rédiger la demande d'évolution	Planification	champs / attributs / liens Rôles Bibl sélectionnés	Déploiement	Planification	CA2 + CIB	CN - En cours		
Technicien mécanique Technicien Matériaux	- Modification de la définition du produit - Modification NS Technique	Implémentation	champs / attributs / liens Rôle sélectionné	Déploiement		Assigne Assigne	CA - En cours CA - En cours	Définition CAO - En cours Demande de modification Document_Qualité	
Ingénieur mécanique Ingénieur Matériaux			champs / attributs / liens Rôle sélectionné	Déploiement		Relecteur relecteur	CA – Validé CA - Validé	Définition CAO - Officiel Modification Document_Qualité	
Responsable Technique Responsable administratif	Clôturer la Demande Evolution		champ	Clôture		CA3	CN - clôturé CR - clôturé PR - clôturé		Envoi GPAO pour effectivité

Figure III.13 - Implémentation et réalisation des actions correctives

Le processus REx est complété par le passage de la Fiche REx en "Officiel". Cette dernière est approuvée par le pilote entreprise REx (responsable amélioration continue) après un entretien avec le CAI, CAII et CAIII pour confirmer la complétude des informations.

Le responsable REx déplace cette fiche REx pour la stocker dans le container Bibliothèque REx du PLM.

6 CONCLUSION

La connaissance implicite des acteurs des processus *métier* forme une part très importante du patrimoine immatériel de celle-ci. Dans ce chapitre, nous nous sommes particulièrement intéressés à cette connaissance dans le cas des processus de résolution de problèmes. Nous avons choisi ce type de processus car les situations de résolution de problème constituent un cadre privilégié pour l'expression de cette connaissance implicite

Nous avons d'abord considéré le processus même de résolution de problèmes et, sur la base d'une analyse fine des "mécanismes" internes de l'entreprise, nous avons proposé une organisation de ce processus permettant d'appréhender dans une forme appropriée les différents niveaux de complexité susceptibles d'être rencontrés. Utilisant ce processus comme support d'expériences, nous avons formalisé les expériences qui engagent une part importante de connaissances implicites et organisé un système REx permettant de capitaliser les informations significatives de ces expériences.

La fiche REx/PSM que nous avons définie peut être prise en charge, d'une manière classique, par le PLM.

Dans une dernière phase, nous avons étendu le couplage entre les processus REx/PSM et le PLM via le processus de Gestion des Modifications de ce dernier.

L’exemple proposé en fin de chapitre atteste de l’applicabilité des propositions.

Les développements exposés ont permis :

. une formalisation commune et structurée de démarche de résolution avec la définition des rôles et des pouvoirs des différents acteurs impliqués,

. une capitalisation efficace des informations générées par les expériences issues du processus PSM support via un "*template*" standard et commun à tous, dans une forme assistée et non intrusive pour l’acteur,

. une intégration facile de ces informations, issues pour grande part de l’engagement des connaissances implicites des acteurs, dans les processus d’amélioration de la performance du produit et de perfectionnement de la structuration des processus,

. une facilité d’exploitation des expériences passées, générées et enregistrées dans le PLM.

Ces premiers résultats montrent déjà toute l’opportunité d’exploiter les fonctionnalités du PLM pour faciliter la réalisation des mécanismes de Retour d'Expérience. L'emploi du PLM offre un panel d'outils et de matériels structurants qui favorisent l'engagement des processus et des données sous-tendues. La "synchronisation" des formalismes PLM et REx permet de fluidifier et de bonifier la démarche REx et d’en faciliter l'appropriation par les utilisateurs.

Nous allons prolonger cette démonstration dans le chapitre IV en étendant la démarche REx aux connaissances *explicites* formalisées, pour une part importante, dans les Normes Saft (NS) Techniques

Chapitre IV – Système REx et connaissances explicites

1 INTRODUCTION

Nous avons présenté dans le chapitre précédent le principe de la démarche de REx/PLM appliquée aux connaissances implicites. Engagées dans la démarche de résolution de problèmes prise comme expérience, ces connaissances interviennent dans les activités de résolution et participent à la création de chaque expérience.

Nous étendons la démonstration dans le présent chapitre aux connaissances *explicites* en appliquant la démarche aux documents Qualité Saft dédiés à l'explicitation des expertises techniques : les Normes Saft Techniques (NS Techniques). La création de ces documents constitue une activité particulière car elle transforme des connaissances implicites, détenues par les experts, en connaissances *explicites* formalisées dans une forme en adéquation avec leur *métier* et accessibles à tous.

Nous allons prendre donc pour cadre d'expérience le cycle de vie des NS Techniques dont la gestion sera assurée par le processus PGM intégré au PLM.

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux processus qui sous-tendent la création et l'évolution des NS Techniques puisque ces phases portent directement sur la dynamique des connaissances explicites. La création et l'évolution des NS Techniques étant souvent initiées par la détection d'un problème, elles pourront être managées par un PSM.
L'application de la solution de Retour d'Expérience REx/PSM déjà présentée nous permettra de renforcer la génération des connaissances issues de ces expériences.

Le chapitre est formé de quatre paragraphes principaux.

Dans le premier paragraphe, nous présentons les NS Techniques du site de Bordeaux. Utilisés pour retranscrire les savoir-faire *métier*, ces documents constituent un vivier de connaissances *explicites* dédiées au produit. Nous insistons sur le processus de migration des NS Techniques dans le PLM que nous avons conduit et sur les particularités de caractérisation de cette connaissance explicite.

Dans le second paragraphe, nous exposons le processus de gestion des NS Techniques mis en place en insistant sur l'activité de modification des normes et, donc, d'évolution de la connaissance explicite. Nous articulons bien sûr ce processus au PGM (Processus de Gestion des Modifications) du PLM. Cette démonstration met en évidence les points d'ancrage de la solution de Retour d'Expérience pour le traitement des NS Techniques.

Le paragraphe suivant est consacré au processus de création et de modification des normes. Nous prendrons ce processus comme cible d'expériences et appliquerons sur celui-ci les mécanismes REx/PSM que nous avons décrits dans le chapitre précédent.

La création ou la modification de normes apparaît souvent comme la réponse à un problème identifié lors de l'engagement de règles *métier* à un niveau quelconque du développement ou de la réalisation du produit. Cependant, cette activité de création ou de modification peut être vue elle-même comme un problème à part entière. C'est dans ce sens que nous aborderons la résolution de ce processus et y grefferons les résultats déduits du chapitre III.

Nous développons dans le dernier paragraphe une étude de cas qui prolonge l'exemple que nous avons exposé en fin du chapitre précédent. Nous illustrerons comment l'organisation REx/PLM permet de générer et d'expliciter, par le traitement des expériences, des connaissances nouvelles dédiées au *produit*. Cet exemple

final illustrera l'articulation de notre solution de REx intégrée au PLM pour la génération de connaissances *explicites* dédiées au Produit.

2 LES NORMES SAFT TECHNIQUES, SUPPORT DE CONNAISSANCES EXPLICITES

Parmi la quantité importante d'informations dédiées au produit, les documents Qualité dits "Normes Saft" sont des documents remarquables, particulièrement intéressants. Mis en place depuis longtemps(*) en accompagnement des métiers de conception dans l'entreprise, ces documents ont pour finalité de formaliser *"les données de référence résultant d'un choix collectif raisonné, en vue de servir de base d'entente pour la solution rationnelle de problèmes répétitifs"* (AFNOR 1971).

(*) Dès les années 1950, l'entreprise a mis en place le principe de supports documentaires en appui des activités d'élaboration du *produit*.

Nous allons donner brièvement la nature de ces documents en insistant sur une catégorie particulière : les Normes Saft Techniques (NS Techniques).

2.1 DESCRIPTION DES NS TECHNIQUES

Les Normes Saft sont l'expression de la formalisation des connaissances *explicites* applicables aux activités industrielles du Groupe et du site de Bordeaux. Elles représentent les procédures et les règles internes de la société et sont disponibles et accessibles pour tous les salariés.

Support des connaissances expertes *métier* applicables aux activités industrielles du site, elles sont organisées en deux catégories :

. les NS Systèmes : normes décrivant le fonctionnement "Qualité système" Saft ; ces normes doivent contenir les descriptions des processus Saft, les procédures opératoires et leurs procédés associés,

. les NS Techniques : normes décrivant le produit ou les méthodes et procédés de conception, de test, de contrôle, de fabrication… ; ces procédures opératoires doivent contenir des spécifications, des définitions de contrôle, des règles de conception, des instructions de montage, des recommandations d'utilisation...

Une illustration de NS Systèmes peut être donnée par le Manuel Qualité (processus management) ou encore par les processus Saft fondamentaux. Les NS Systèmes sont sous la responsabilité du Service Qualité.

Les NS Techniques, plus opérationnelles, sont les procédures, les instructions (processus support) et les enregistrements (processus de mesure, d'analyse et d'amélioration) relatifs aux matières, aux produits et aux procédés des accumulateurs, des batteries et de leurs sous-ensembles respectifs. Elles sont sous la responsabilité du Service Technique et sont supervisées par le Service Qualité.

Dans le cadre du travail présenté dans ce mémoire, nous nous intéressons aux connaissances liées au produit. Les NS Techniques sont des outils de travail documentaire pour les services techniques utilisables au cours des phases du cycle de vie des batteries. Elles fondent la base des connaissances *métier* applicables pour décrire un produit, un procédé ou une méthode dans les phases du cycle de développement du produit (de la conception au support). Elles sont rédigées dans l'objectif de répondre aux besoins récurrents :

. de compléments de définition donnés par plan et nomenclature,

. d'établissement de définition non figurative,

. d'enregistrement de points techniques clés.

Nous considérons donc directement les NS Techniques qui correspondent à une part des connaissances expertes *métier* acquises par Saft et qui, consacrées à la définition du produit, seront gérées dans le PLM.

Nous nous sommes intéressés à ces documents pour les raisons présentées ci-après.

. Les NS Techniques sont, par nature, liées à la connaissance entreprise. Les objectifs Saft poursuivis dans la rédaction et l'exploitation des NS Techniques sont :

  - de définir les règles permettant de concevoir, de fabriquer et d'assurer la qualité dans un système organisationnel performant,

  - d'assurer la pérennité des connaissances acquises face aux changements techniques, économiques et humains internes à la société.

. Conscient des limites du processus actuel de gestion des NS (cf. § II.2.3.3 du chapitre II), Saft a engagé un projet de migration[11] des NS Techniques dans le PLM. Cette migration implique :

  - de définir le modèle d'objet permettant de caractériser les documents NS Techniques et de réviser le contenu documentaire,

  - d'effectuer une réingénierie des processus de création, d'évolution et de gestion des NS Techniques adaptés au contexte courant.

. Les NS Techniques sont des documents internes utilisés dans de nombreux services et concernent la majorité des personnels techniques. L'intégration de ce support de connaissances au périmètre d'action du système REx constituera un excellent vecteur de sensibilisation et d'appropriation du projet REx.

Une NS Technique peut se rapporter à un ou plusieurs métiers ; cette information permet de connaître la nature des connaissances engagées et l'importance d'application de la NS. Les métiers dédiés aux aspects techniques sont à l'origine de la création des NS Techniques, les métiers industriels transverses (projet, ingénierie manufacturière, ingénierie process) interviennent pour valider la conformité des informations du point de vue support.

La création et l'évolution des NS Techniques sont impulsées par des évènements déclencheurs que nous avons analysés. Le "Retour d'Expérience" sur les raisons qui sous-tendent ces créations et évolutions permet de classer les événements déclencheurs en six catégories représentées sur le schéma de la figure IV.1.

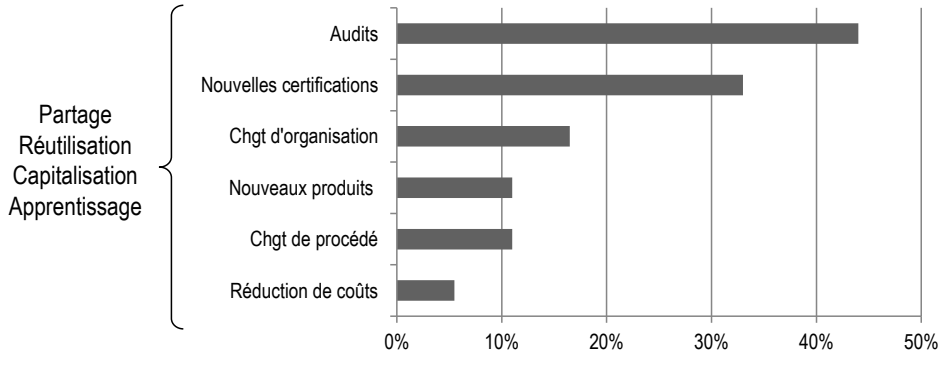


Figure IV.1 - Distribution des évènements déclencheurs des NS Techniques

Notons d'abord qu'une raison fréquente d'évolution des NS Techniques (44% des cas) est liée à la prise en compte de résultats d'audits. Les modifications induites par ces analyses sont des solutions d'amélioration du système et de son efficacité en réponse à l'analyse de la conformité et de l'aptitude de celui-ci.

[11] La migration est l'action de transférer des objets d'un système à un autre en préservant leur authenticité, leur intégrité, leur fiabilité et leur exploitabilité.

Les nouvelles certifications, les nouveaux produits et les changements d'organisation ou de procédés de fabrication sont la cause de près de 60% des modifications rendues nécessaires par le souci de pérenniser les connaissances nouvelles sous-tendues.

Parmi ces 60%, 2/3 environ des situations sont liées à la qualité du produit. Elles correspondent aux évolutions relatives aux nouveaux produits, aux changements de procédés de fabrication et à la réduction des coûts.

Notons encore qu'il existe souvent un recouvrement de situations entre deux ou plusieurs évènements déclencheurs.

Soulignons enfin que la volonté de capitalisation, d'apprentissage, de partage et de réutilisation est présente dans toutes ces raisons d'évolution. Les traits du "Retour d'Expérience" sont facilement perceptibles dans ces processus de création et d'évolution des NS Techniques.

2.2 MIGRATION DES NS TECHNIQUES DANS LE PLM

La migration des NS Techniques dans le PLM consiste à "porter" les normes dans le PLM. C'est un projet interne Saft qui a été mis en œuvre pour améliorer :

- le temps de validation,
- l'identification des personnes intervenant dans l'évolution de la norme,
- le suivi du statut des normes,
- les liens entre les normes,
- les références entre articles *produit* et NS Techniques (associations),
- la formalisation du contenu,
- l'identification et la remise à jour/refonte des normes incomplètes ou devenues obsolètes,

et, au final, améliorer la gestion des NS Techniques et la rapidité des traitements.

2.2.1 Catégorisation des normes

Nous avons initié le projet de migration par la réalisation d'un tri de toutes les NS Techniques de la base Qualité. Nous avons identifié les critères caractéristiques qui en définissent l'application puis filtré les documents de la base qualité pour établir une matrice de correspondance entre la base Qualité et la cible dans le PLM. Nous avons défini des catégories de classement permettant ce tri et utilisables ensuite comme critère de gestion et de recherche des objets dans le PLM.

Nous avons dégagé trois critères principaux de classement et de recherche.

Type de NS Technique.

Le premier critère porte sur le type de NS. En effet, il existe globalement deux types de documents : les documents de spécification et les documents d'instructions.

- Un document de spécification définit des caractéristiques techniques ou des "règles de l'art" pour l'emploi d'articles ou de procédés spécifiques dans le secteur d'activité correspondant. L'utilisation de ces règles est prescrite dans la conception des nouveaux produits.
- Un document d'"instructions *explicite* des "façons de faire" particulières, relatives aux activités spécifiques de Saft. L'utilisation de ces méthodes de travail permet d'assurer la conformité.

Le tri par type fait apparaître les connaissances relatives aux caractéristiques méthodologiques qui interviennent dans les NS Techniques. Soulignons qu'environ 65% des NS Techniques sont des spécifications, les 35% restant sont des instructions.

Cette information apparaîtra dans un attribut obligatoire "Typologie" du Document_Qualité que nous présenterons dans le §IV.2.2.2.

Cet attribut pourra être associé à un champ de la trame du document par le champ d'insertion automatisé de l'outil de traitement de texte.

Secteur d'application.

Le second critère permettant de caractériser les NS Techniques est le secteur d'application. Nous pouvons trier les NS Techniques de la base selon le critère "secteur d'application" qui reflète la phase du cycle de vie du produit pour lequel elles s'appliquent : développement, industrialisation, production, support. Ce tri fait apparaître les connaissances portées par les NS Techniques, relatives aux caractéristiques de la phase d'élaboration du produit concernée.

Les experts confirment l'importance de connaître les règles à employer en fonction de la phase du cycle de vie sur laquelle est réalisé l'exercice. Cette connaissance est d'autant plus importante à pérenniser et à exploiter qu'elle concerne majoritairement le cœur de *métier* de Saft et ses activités à forte valeur ajoutée. Nous constatons sur le schéma de la figure IV.2 qui représente la répartition par secteur d'application des NS Techniques, l'importance de ces normes pour les secteurs *développement* et *industrialisation*.

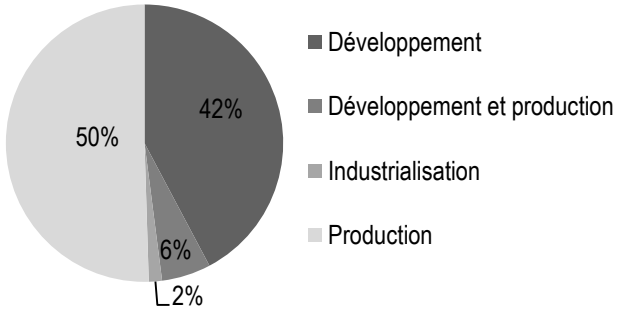


Figure IV.2 - Répartition des NS Techniques par secteur d'application

Les NS Techniques sont généralement rédigées ou mises à jour suite à des projets d'innovation et de développement ou pour mémoriser des évènements remarquables à partir desquels Saft construit et consolide son savoir-faire.

L'information sur le secteur d'application apparaît dans l'attribut "Secteur d'application" qui sera renseigné par le créateur du Document_Qualité.

Comme pour l'attribut "type", nous pourrons lier ce champ d'attribut à un champ d'insertion automatique du *template* ou modèle informatisé d'un outil de traitement de texte.

Domaine métier.

Le troisième critère retenu pour catégoriser les NS Techniques est le domaine *métier*.
Cette caractéristique est doublement intéressante car :

. elle constitue un filtre de recherche efficace pour retrouver les règles *métier* et les savoir-faire techniques,

. elle influe sur le circuit d'évolution que suivra la NS Technique en cas de modification.

Nous avons sollicité l'appui des experts techniques *métier* pour répartir l'ensemble des documents suivant le domaine *métier* considéré. A l'issue de cette catégorisation, nous avons identifié la répartition des disciplines suivantes :

. les métiers "Techniques" : Electrochimie (cœur de *métier* Saft), Mécanique, Matériaux (polymère), Electronique, Thermique, Logiciel, commun ME (Mécanique et Electrotechnique), commun MEP (Mécanique, Electrochimie et Polymère)...,

. les métiers industriels "Transverses" : Qualité / Environnement, Production, Méthodes, Procédés, RAMS[12]...

Cette répartition est illustrée par le diagramme de la figure IV.3 faisant apparaitre la très forte importance des NS Techniques pour le *métier* de l'Electrochimie.

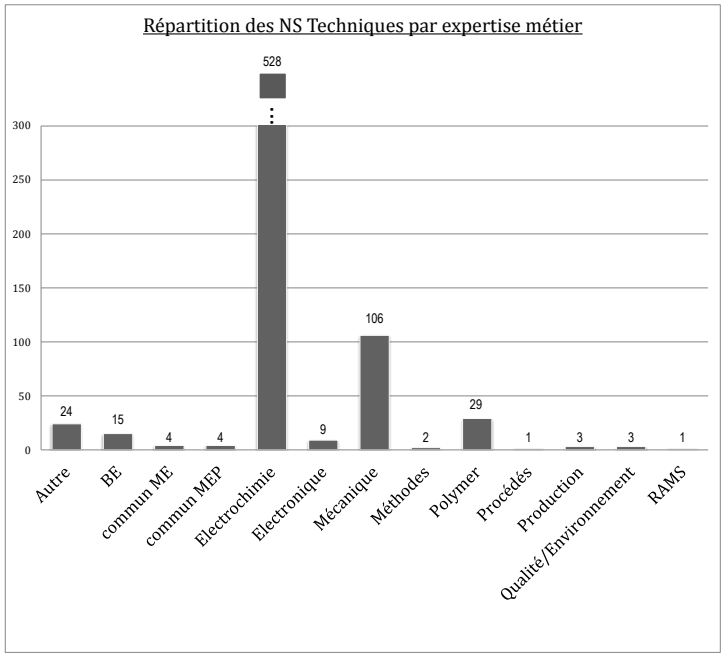


Figure IV.3 - Répartition des NS par métier

Pour établir ce classement et définir la correspondance entre les documents NS Techniques et les types de documents du PLM, nous nous sommes encore appuyés sur les avis des experts. Ces experts nous ont aidés à identifier "quand" et "comment" interviennent les experts techniques dans les évolutions de chaque document. Ce travail nous a permis : 1) d'identifier finement les phases où interviennent des apports de connaissance d'expert, 2) d'établir les éléments de tri qui nous permettront de configurer les NS et d'assurer leur gestion dans le PLM.

La construction d'une matrice générale regroupant l'ensemble des NS Techniques classifiées en catégories nous a servi de support de synthèse pour spécifier le besoin fonctionnel de gestion des NS Techniques dans le PLM.

Nous avons étudié et établi une définition de configuration. Cette dernière a été ensuite implémentée dans l'outil PLM par une équipe de consultants "architectes et experts PLM".

2.2.2 Aménagements

En relation avec cette phase de migration, nous avons effectué certains développements spécifiques que nous résumons ci-après.

Le Document_Qualité.

Nous avons créé un nouveau type d'objet paramétré, le "Document_Qualité". Basé sur le modèle Document SDDCM, il en récupère automatiquement les métadonnées et les règles d'initialisation (attributs, cycle de vie...).

Ce Document_Qualité comporte davantage d'informations que les documents du SDDCM car il est destiné à représenter une plus grande diversité de documents ; de plus, l'information qui y est consignée est une information "sensible", cruciale pour Saft.

[12] RAMS : Reliability (fiabilité), Availability (disponibilité), Maintainability (maintenabilité), Safety (sécurité)

Afin de satisfaire aux exigences Qualité Saft, nous avons introduit les éléments de personnalisation suivants :

- un niveau de confidentialité : public, interne, restreint, confidentiel, secret,
- un workflow à circuit unique (validation et approbation),
- les attributs de description spécifiques que nous venons d'introduire, pour l'identification et pour la gestion de l'évolution. Ces attributs sont : le type, le secteur d'application et le domaine métier.

Les bibliothèques.

Nous avons décidé de stocker les instances du Document_Qualité dans des espaces de stockage dédiés pour favoriser la centralisation de l'enregistrement des NS Techniques. Nous avons créé trois bibliothèques permettant de regrouper les savoirs et les savoir-faire par technologie : les bibliothèques "Lithium-Ion", "Alcalin" (Nickel-Cadmium et Nickel Métal Hydrure) et "Common".

Ces bibliothèques paramétrées sont transverses aux produits et aux projets de la base PLM. Nous avons créé un modèle unique d'*équipe bibliothèque* pour laquelle les rôles définis sont des rôles de *gestionnaire* (Responsable bibliothèque, Change Admin 1 (CAI), Change Admin 2 (CAII), Change Admin 3 (CAIII)) et des rôles *métier*.

Nous rappelons dans le tableau IV.1 les rôles *métier* Saft que nous avions mis en évidence lors de la définition du SDDCM (cf. chapitre II, §II.4.4.3) et indiquons par un "1" rouge ceux identifiés par les experts techniques comme susceptibles d'intervenir dans les rôles d'une équipe *bibliothèque*.

Discipline	Métier	Dessinateur / projeteur	Technicien	Ingénieur	Acheteur	Responsable / Manager	Directeur
Technique	Chemistry	1	1	1	1	1	
	Electronic	1	1	1	1		
	Polymer		1	1	1	1	
	Mechanics	1	1	1	1	1	
	Software	1	1	1	1		
	Engineering		1	1		1	1
Réglementations	Quality		1	1		1	1
	RAMS			1		1	
	Environnement		1	1		1	
Support	Supply chain					1	
	Pursaching					1	1
Activité	Production		1	1	1	1	1
	Industrialization				1	1	
	Tests/Prototype		1	1		1	
	Certification		1	1		1	
	Maintenance	1	1	1		1	
	Research					1	
Transverse	Manufacturing Engineering					1	
	Process Enginering		1	1			
	Project			1	1	1	1
	Site general					1	

Tableau IV.1 - Liste des rôles de l'*équipe bibliothèque pour les* NS Techniques

L'accès des utilisateurs aux bibliothèques dépend de leur participation aux produits. Lors de leur déclaration dans le PLM, les acteurs *métier* sont associés à un ou plusieurs rôles de *l'équipe bibliothèque,* relatifs aux technologies pour lesquelles ils travaillent.

Certaines NS Techniques sont spécifiques à un produit donné. Elles sont souvent confidentielles et nous avons choisi de les stocker dans le contexte applicatif du produit qu'elles décrivent. Elles sont localisées dans un fichier dédié aux documents de définition du produit.

Modèle de la trame standard NS Techniques.

Une formalisation des NS Techniques est nécessaire pour que ces normes soient facilement exploitables et accessibles. Nous avons utilisé la trame définie par le Service Qualité pour réaliser un modèle actif de document PLM. Le système PLM impose à l'utilisateur l'emploi de cette trame pour la création ou la modification du document.

En tant que document appartenant au système Qualité Saft, la trame Saft structure la représentation des informations sur le document. Identique pour tous ces documents, cette standardisation des trames permet d'afficher les détails administratifs et de gestion utiles pour illustrer les informations clés.

Il est possible de prendre en compte ces trames en tant que modèle actif du Document_Qualité du PLM. Cette fonctionnalité, paramétrée entre l'outil de traitement de texte et le PLM, permettra d'automatiser la saisie, dans des champs d'insertion, des données enregistrées dans les attributs PLM.

La page de garde et la dernière page des documents du système Qualité Saft comportent un ensemble d'informations administratives et de gestion que l'on retrouve dans les attributs des Documents_Qualité. Là aussi, nous pourrons paramétrer cette trame pour collecter automatiquement les informations renseignées dans le PLM.

Nous donnons dans l'annexe A4 un exemple de NS Technique. Sur ce document, nous indiquons par un surlignage grisé comment sont formalisées ces informations issues du PLM.

3 L'EVOLUTION DES NS TECHNIQUES DANS LE PLM

Les informations formalisées dans les NS Techniques sont des informations "sensibles". Les connaissances qu'elles supportent sont valorisées et diffusées par des règles d'évolution strictes, gérées par le système qualité.

Le processus d'évolution des NS Techniques est défini par une NS Système dédiée. Pour satisfaire aux exigences de suivi et de maîtrise du processus, le groupe projet PLM Bordeaux a statué, en accord avec le responsable technique et le responsable du Service Qualité, sur le choix de faire supporter la gestion des évolutions de Document_Qualité par le PGM.

Nous présentons dans ce paragraphe comment est géré un Document_Qualité par son workflow puis comment l'évolution est conduite par le PGM.

3.1 ARTICULATION AU PLM

Le Document_Qualité est un document spécifique pour lequel les droits d'accès et le workflow de validation sont spécifiquement définis.

3.1.1 Droits d'accès en fonction des expertises *métier*

Grâce au tri des NS Techniques à l'aide du critère domaine *métier* et aux informations que nous avons recueillies auprès des experts sur la conduite du processus, nous avons pu paramétrer les droits d'accès associés à l'*équipe bibliothèque* pour la gestion des Documents_Qualité.

Pour chaque état du cycle de vie du Document_Qualité, nous définissons les droits d'accès en fonction de la qualification et de la responsabilité consignées dans le Tableau IV.2.

	En cours	En Validation	Officiel	Obsolète	Abandonné
Modification	Technicien "Technique" Ingénieur "Technique" Technicien "Activité" Ingénieur "Activité" Technicien "Transverse" Ingénieur "Transverse"	x	x	x	x
Lecture	Responsable "Technique" Acheteur "Technique" Ingénieur "Réglementation" Responsable "Activité" Ingénieur "Transverse"	Responsable "Technique" Acheteur "Technique" Ingénieur "Réglementation" Responsable "Activité" Ingénieur "Transverse"	Tous	CAI	CAII
Révision	x	x	CAII	x	x

Tableau IV. 2 - Droits d'accès des Documents Qualité

Les droits de création et de modification sont réservés aux rôles ingénieurs et techniciens des secteurs Technique, Activité et Transverse (cf. Tableau IV.1) car ce sont ces acteurs qui impulsent la création de Normes Saft Techniques. Les rôles de responsables et de collaborateurs *métier* ont un accès en lecture des documents leur permettant d'être informés de l'évolution en cours et, si nécessaire, de prendre connaissance du contenu.

Nous avons établi des droits d'accès en nous appuyant sur les besoins exprimés par les experts techniques consultés lors du projet de migration des NS Techniques.

Avec les autres membres du groupe projet PLM, nous avons ensuite optimisé(*) et sécurisé ces accès pour permettre aux membres représentatifs des rôles décrits dans la matrice d'*équipe bibliothèque* présentée dans le tableau IV.1, d'être en mesure de participer aux évolutions des NS Techniques.

(*) une difficulté consistait à limiter au maximum les accès au document pour en protéger le contenu sans, pour autant, réduire les actions des acteurs autorisés.

3.1.2 Le Workflow de validation d'une NS

La définition des droits d'accès que nous venons de faire nous permet maintenant de mettre en place le processus de validation d'une NS.

Le workflow de validation initié par la création ou la révision d'un objet requiert une attention particulière. Pour éviter toute omission dans le circuit de validation, le Service Qualité impose un seul workflow de validation, composé d'une tâche de relecture suivie d'une tâche d'approbation. Il sera ainsi impossible de promouvoir le Document_Qualité par une approbation directe ou un passage immédiat à l'état Officiel. Cette décision d'imposer un workflow (ou circuit) unique satisfait à notre préoccupation de standardisation des méthodes de travail.

Nous donnons sur le schéma de la figure IV.4 le workflow que nous avons établi avec l'équipe Projet PLM Saft.

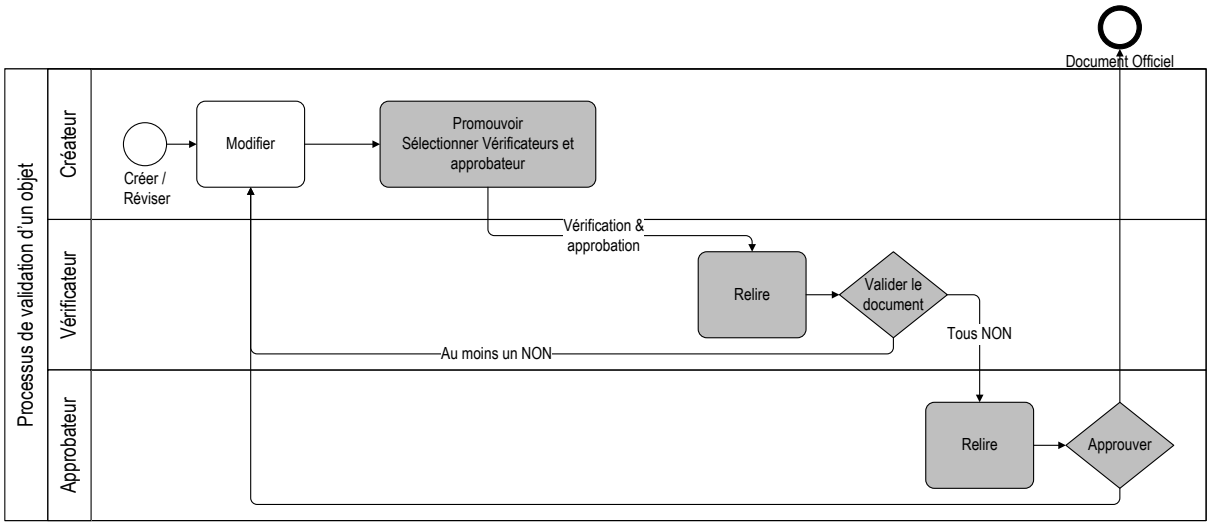


Figure IV.4 - Workflow de validation des Documents_Qualité

Nous avons choisi d'établir les responsabilités du workflow suivant une technique de "*team template*". Cette technique implique l'exécution automatique d'un programme informatique à la création de l'objet. En fonction du champ d'attribut "Domaine *métier*" sélectionné dans une liste déroulante, le programme sélectionne l'équipe de responsabilité workflow correspondante (figure IV.5).

Par exemple, pour la validation d'un objet de domaine *métier* Chimie, les responsabilités de Vérificateur et d'Approbateur seront respectivement attribuées au rôle Ingénieur Chimie et Responsable du Service Technique.

Soulignons que ce workflow favorise l'ancrage automatique des *métier*s impliqués dans les activités de relecture (validation technique) et d'approbation (validation décisionnelle) par le principe de modèle d'équipe corrélé à la sélection du sous-type de Document_Qualité sélectionné.

Malgré l'unicité du workflow, les responsabilités engagées dans celui-ci seront affectées aux rôles *métier* propres au domaine *métier* concerné comme nous le montrons sur le schéma de la figure IV.5.

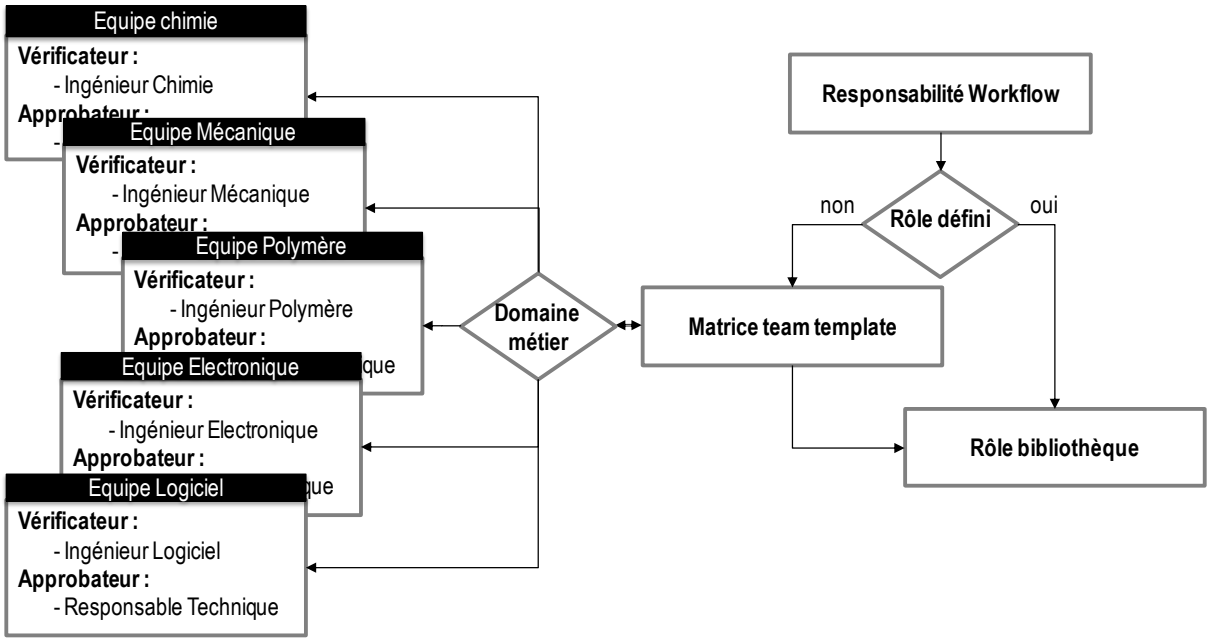


Figure IV.5 - Sélection des responsabilités de workflow

3.2 ARTICULATION AU PGM

3.2.1 Le PGM

Initialement, chez Saft, le processus de gestion de l'évolution des informations était un processus différent du processus de gestion des évolutions produit.

Dans le chapitre III, le PGM (Processus de Gestion des Modifications) que nous avons défini dans le PLM était directement destiné à gérer les modifications produit. Cependant, dans le souci de satisfaire la préoccupation de Saft d'uniformiser les processus, nous avons étudié les possibilités d'appliquer ce même PGM pour gérer les évolutions des NS Techniques. Grâce aux fonctionnalités que nous avions mises en place dans le PGM, il est apparu que celui-ci pouvait satisfaire à la gestion de l'évolution des informations et, particulièrement, des NS Techniques via les Documents_Qualité. Nous présentons ci-après ces mécanismes de gestion.

Nous rappelons sur le réseau de Petri de la figure IV.6, l'organisation générale du PGM que nous avons présenté en détail dans le chapitre III (§ III.4.2) et avec lequel sera assurée la gestion du processus d'évolution des Documents_Qualité.

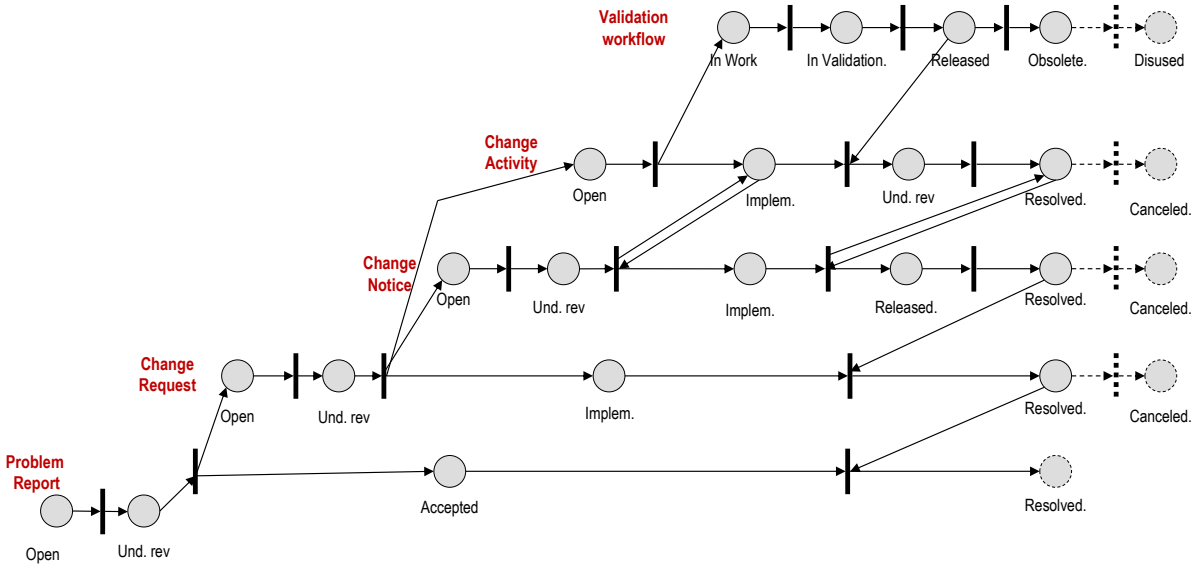


Figure IV.6 - Macro-représentation des états clés du PGM

Les objets PR (Problem Report), CR (Change Request), CN (Change Notice) et CA (Change Activity) (définis au chapitre III) restent inchangés tout comme les workflows associés.

Comme pour l'évolution des produits, la résolution d'une modification de NS Techniques peut correspondre à trois niveaux de complexité. Nous allons corréler ceux-ci, ici encore, aux deux modes Fast-Track et Full-Track que nous avions définis pour le PGM (cf. chapitre III, §III.4.2.2). Précisons les niveaux d'évolution :

- évolution élémentaire : une évolution élémentaire n'implique pas la modification d'information technique ; elle ne nécessitera pas de suivi et sera réalisée via le workflow spécifique de l'objet, sans l'appui du PGM,

  (il s'agit, par exemple, d'une mise à jour administrative, d'une reprise de vocabulaire ou de formalisme du texte de la NS susceptible d'une mauvaise interprétation) ;

- évolution simple : cette évolution implique les modifications d'informations techniques sur un document ; ces modifications à engager sont connues et leur périmètre d'impact est maitrisé. Elles nécessiteront d'être analysées et validées par un expert dans un processus Fast-Track,

(c'est, par exemple, la mise en conformité d'une NS Technique avec une spécification client ou une norme externe (NF, EU, ISO...) du domaine ou encore une création, en développement, d'une NS Technique relative à l'utilisation d'un composant spécifique utilisé pour un périmètre d'application ou métier limité (restreint)) ;

. évolution complexe : une évolution complexe implique les modifications d'informations techniques sur un ou plusieurs documents. Ces modifications nécessitent une analyse multidisciplinaire et influent sur plusieurs secteurs d'applications, domaines *métier* ou plusieurs sites géographiques. Elles seront traitées par un processus Full-Track,

(une illustration est la modification ou la création d'une NS Technique relative à la définition d'un composant utilisé par plusieurs technologies de batteries ou encore l'évolution d'un procédé employé par plusieurs services techniques).

3.2.2 Les responsabilités

Nous inscrivant dans la démarche Qualité suivie par Saft, nous privilégions la responsabilisation des détenteurs d'expertise technique dans les actions de pilotage du processus. Une conséquence de ce choix est qu'il sera ainsi possible d'appréhender l'expertise des acteurs au cours du déroulement du processus PGM.

Les membres de comité, l'assigné, le relecteur et l'équipe du workflow de validation sont des experts techniques sélectionnés manuellement.

Pour les rôles d'administrateurs, nous affectons des groupes de participants à ces rôles. Les groupes sont constitués d'acteurs possibles, pouvant être concernés par la responsabilité des rôles CAI, CAII et CAIII. Ces acteurs se répartissent librement les tâches d'administration du PGM en fonction du cas traité. Précisons les rôles :

. l'administrateur de modification CAI est un expert du domaine ; le groupe de participants est constitué d'ingénieurs techniques (chimiste, mécanicien, ingénieur polymère, électricien, ingénieur logiciel) car ce sont des acteurs spécialistes de domaine métier, avertis du REx et dont la vision, de par leur niveau de responsabilité, est transverse,

. l'administrateur de modification CAII est un acteur responsable des objets de la bibliothèque. Il dispose des droits pour réviser (et ainsi créer une nouvelle version disponible en modification) les objets nécessaires à l'évolution et pour planifier les actions. Le groupe de participants est constitué d'ingénieurs réglementation (qualiticien, ingénieur environnement, ingénieur RAMS),

. l'administrateur des modifications CAIII engage sa responsabilité en effectuant la validation finale du processus. Le groupe de participants est constitué des responsables techniques.

A l'initialisation du PGM, les acteurs concernés des groupes de participants prennent en charge le pilotage du processus. Les autres participants de chaque groupe devront ne pas considérer les notifications relatives à l'instance du PGM en cours car ce dernier ne concerne pas leur métier.

Cette organisation interne est intégrée à la procédure système d'évolution des documents qualité. Les acteurs alloués aux groupes de participants sont sensibilisés pour garantir leur pleine implication et une application rigoureuse de la démarche.

3.2.3 La recette du processus

Nous avons déjà écrit dans le mémoire (Chapitre II, §II 4.4.4 et Chapitre III, §III.4.2) que nous avions validé tous les workflows proposés par une phase de recette, effectuée pour chaque workflow et consistant à vérifier par une série de "tests" la conformité du livrable aux exigences.

Nous décrivons plus en détail celle-ci compte tenu de son importance dans le cas des NS Techniques qui forment une base de connaissances partagée entre tous les services de l'entreprise.

Nous avons mis en place deux formes de recette. L'une, dite recette *application*, permet de valider en premier le fonctionnement des mécanismes et des livrables, paramétrés dans l'outil PLM par une équipe de prestataires externes, partenaires de Saft, chargés de ce travail. L'autre, dite recette *exploitation*, permet ensuite de valider le fonctionnement en interne, avec une équipe réelle, dans un cadre défini.

La recette "application".

Les développements informatiques d'intégration des NS Techniques au PLM ont été supportés par une équipe de prestataires externes. Au-delà de ce travail d'implémentation dans lequel ils ont pris en charge la création et les configurations majeures de l'outil informatique, ils ont accompagné notre réflexion sur les choix de définition des objets et des workflows. Les paramétrages mineurs de l'outil informatique, liés à l'utilisation, ont été effectués en interne par les administrateurs de l'équipe PLM de Bordeaux.

La recette application est opérée pour vérifier que la configuration de l'outil informatique, les paramétrages principaux et la documentation associée correspondent aux spécifications fonctionnelles émises par Saft.

Cette vérification porte sur le paramétrage des Documents_Qualité dans l'outil ainsi que sur les processus, les métadonnées, les rôles, les responsabilités et les droits d'accès auxquels il est paramétré.

Cette recette est un jalon clé du projet PLM global *entreprise* car la vérification du paramétrage final dépend directement des scénarios de tests réalisés pour valider cette recette.

La recette a été réalisée en interne avec certains acteurs dédiés de l'équipe projet PLM et a induit un important investissement en rigueur et en temps. Nous avons constitué chaque fois un groupe de trois utilisateurs, impliquant les "key users" de l'application.

Nous avons piloté cette activité de recette en définissant et en accompagnant les acteurs dans les tâches de rédaction des cahiers de recette, de réalisation des tests, de définition des actions correctives et de suivi de ces corrections.

Nous avons validé chaque jalon de cette activité avec le groupe projet en assurant un échange avec les consultants pour la prise en compte des décisions internes.

Cette étape indispensable nous a permis de valider un niveau suffisant d'aptitudes de l'application en vue de la livraison par les consultants.

La recette "exploitation".

La recette exploitation est faite pour vérifier que le fonctionnement de l'outil informatique répond bien aux besoins fonctionnels de Saft. Cette vérification est menée par des acteurs confirmés des processus internes Saft pour réaliser des scénarios de tests sur des cas réels.

Nous avons profité de cette recette pour former les utilisateurs aux nouveaux fonctionnements de l'outil et recueillir leur appréciation sur ceux-ci.

Cette étape constitue le jalon terminal de la migration des NS Techniques dans le PLM car elle confirme, via les experts *métier* et Qualité, l'engagement correct de la démarche et la fluidité des processus de gestion des Documents_Qualité.

Nous validons ainsi la conformité fonctionnelle de la solution.

La recette exploitation comportait deux phases.

La première phase correspondait à la présentation du projet de migration des NS Techniques, à l'explication des nouveaux processus et de l'objet Document_Qualité au groupe d'acteurs.

Cette réunion qui faisait office de formation à la gestion des NS Techniques par le PLM comportait des travaux encadrés via un jeu de rôle en séance de travail. Nous avons profité de cette première prise de contact des acteurs avec le processus pour recueillir les critiques sur le déroulement du processus présenté.

La seconde phase était consacrée au traitement d'un cas réel en conditions normales d'exploitation.

Nous avons supervisé les équipes traitant la gestion de l'évolution de NS Techniques d'un cas concret dans le cadre du PLM en comparant, pas à pas, cette résolution avec celle conduite de manière classique avec le processus interne "papier" encore en vigueur à Saft à cette date.

Confrontés aux problèmes réels, les experts émettaient des remarques et des critiques plus pertinentes sur le déroulement du processus PGM. Soulignons que les remarques faites durant ces recettes n'ont souvent conduit qu'à des modifications mineures du processus comme, par exemple, l'adaptation d'intitulé de consignes du niveau d'expertise des acteurs.

La recette a permis de confirmer la migration des NS Techniques.

4 EXPERIENCE DE CREATION DE CONNAISSANCES EXPLICITES

L'objet de ce paragraphe est de présenter la démarche de création de connaissances *explicites* par l'évolution des Documents_Qualité supportée par le PGM du PLM.

La rédaction de NS Techniques est une activité régulière chez Saft ; chaque année, 50 à 80 évolutions (création ou révision) sont répertoriées sur le site de Bordeaux. Cependant, depuis quelques d'années, les habitudes de rédaction des règles de base se perdent.

Les travaux menés en début de thèse ont permis d'établir un état détaillé de l'évolution et de l'exploitation de la base des NS Techniques ainsi que de sa gestion confirmant cette tendance avec, pour conséquence, une sous-utilisation des NS Techniques. Plusieurs raisons sont à l'origine de ce changement de comportement : l'évolution des mentalités, l'augmentation de la charge de travail des personnels, la diminution des délais de réponse, la localisation difficile des documents et des informations…

Conscient que ce phénomène induit une diminution de la capitalisation des savoir-faire de l'entreprise et un risque de dégradation de la performance, le Service Qualité Saft a orienté la réflexion sur deux axes :

. l'accompagnement des rédacteurs pour les réhabituer à restituer par écrit les règles *métier* et les expériences de conception et de travail,

. la mise en place de méthodes rigoureuses et efficaces de saisie, de traitement et de recherche de l'information et des documents pour faciliter l'exploitation de la base NS et en percevoir clairement l'utilité dans le travail quotidien.

Les propositions que nous avons faites s'inscrivent dans ce cadre prédéfini par les attentes du Service Qualité.

4.1 LE SYSTEME REX EN ENTREE DU PROCESSUS D'EVOLUTION DES DOCUMENTS_QUALITE

Nous considérons la démarche de création de connaissances explicites, via la création ou l'évolution des Documents_Qualité, depuis l'origine de l'événement déclencheur.

Nous décrivons sur le schéma de la figure IV.7 l'architecture globale d'évolution de connaissances *explicites* initialisée par la confrontation d'un acteur *métier* à un problème dans un processus *métier* associé au cycle de développement du produit.

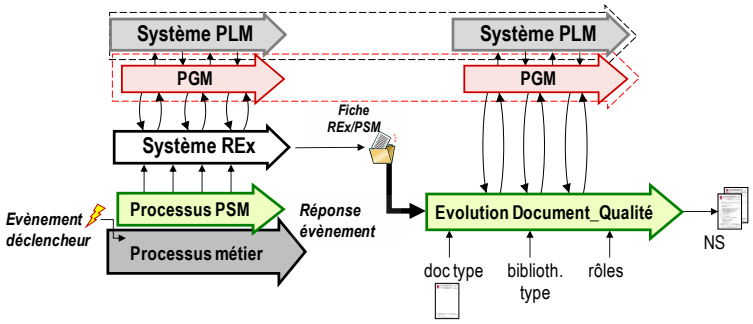


Figure IV.7 - Création de connaissances explicites

Nous retrouvons, sur la partie gauche du schéma, l'organisation REx/PSM - PGM telle que nous l'avions décrite dans le chapitre III (§III.4.3). Nous rappelons que ce couplage du REx au processus PGM ouvre vers un processus de capitalisation REx peu intrusif car réalisé au cours de l'activité *métier*.

Une conséquence de la résolution du problème est une demande d'évolution d'une NS Technique (création ou modification). Soulignons que cette requête sera souvent la conséquence du traitement d'un ensemble d'expériences PSM et non la conclusion d'une seule. Cette requête est déjà un résultat du traitement des fiches REx consignant les expériences PSM réalisées.

En réponse à cet évènement, le processus d'évolution de la NS Technique est initialisé, supporté par les mécanismes du PLM. Cette organisation est représentée par la partie droite du schéma de la figure IV.7 sur laquelle nous avons synthétisé par des arcs en double sens la prise en charge par le PGM du processus d'évolution de la connaissance explicitée dans les NS.

L'évolution de cette connaissance n'est pas automatique ; elle nécessite la mise en place d'activités spécifiques avec des experts dédiés. Le processus même de création/modification des NS Techniques est supporté par des tâches et actions spécifiques déclarées dans les workflows existants du PLM (PGM et workflow de validation des Documents_Qualité). Les propositions que nous avons faites pour conduire l'évolution des Documents_Qualité permettent le paramétrage de ces workflows et l'implication des acteurs compétents pour :

- estimer la qualité, la quantité, la pertinence et l'exhaustivité des informations analysées,
- évaluer la qualité et le périmètre d'emploi des connaissances générées,
- statuer sur la pertinence des décisions prises.

Au cours de ce processus, l'emploi des outils mis à disposition par la solution intégrée au PLM permet de bénéficier des techniques de formalisation des connaissances qui prennent appui sur :

- des modèles prescriptifs (ou normatifs) par l'utilisation des trames de NS et le modèle de rédaction imposé par la spécification système sur le contenu des Documents_Qualité,
- des approches par ontologie avec la sélection d'attributs obligatoires décrits/renseignés par des valeurs prédéfinies,
- l'établissement d'un cadre unifié par l'utilisation d'un vocable défini appliqué aux métiers Saft.

La création de connaissances *explicites* est donc réalisée de manière formelle et générique. La conduite du processus par les workflows assure que la connaissance mise à disposition a été validée et soit valide.

Soulignons que le déploiement complet du système REx que nous avons défini jusqu'ici s'applique, avec toutes ses phases, à l'architecture que nous venons de présenter, comme nous l'illustrons sur le schéma de la figure IV.8 ci-après.

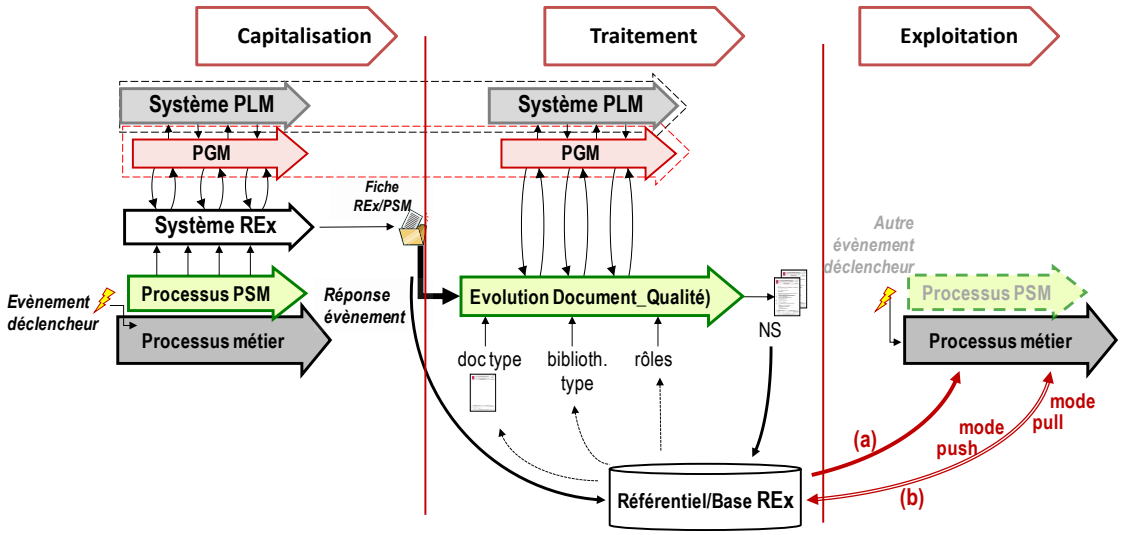


Figure IV.8 - 1ère exploitation du REx pour l'expression des connaissances explicites

Insistons sur la phase Exploitation du système REx ; l'exploitation doit permettre aux acteurs d'accéder facilement à la connaissance, aux expériences et aux autres informations adaptées à leur *métier* en vue de les aider dans leur prise de décision au quotidien.

Dans cette architecture, l'exploitation du système REx peut être considérée à deux niveaux.

Le premier niveau d'exploitation correspond à l'utilisation directe dans les processus *métier* des NS Techniques dont l'évolution est influencée par le résultat des traitements des fiches REx/PSM. Cette forme d'exploitation, évidente, est représentée sur le schéma par l'arc unidirectionnel étiqueté (a) dans la partie Exploitation.

Le deuxième niveau d'exploitation correspond à la réutilisation de l'expertise acquise dans les expériences antérieures lors de l'apparition de nouveaux événements déclencheurs. Cet apport d'informations peut être fait suivant le mode *push* ou le mode *pull* représentés par l'arc bidirectionnel étiqueté (b) dans la même partie Exploitation.

Précisons ces deux modes d'accès à l'information et aux moyens de filtrage/diffusion pour limiter le volume d'information(*) accessible et surtout valoriser la qualité, la pertinence et la facilité d'utilisation.

(*) Les informations impliquées en exploitation sont les données, expériences et connaissances identifiées dans la base PLM.

Le mode *push* consiste à fournir directement l'information à l'utilisateur lorsqu'il débute le traitement d'un évènement particulier pour qu'il puisse prendre les décisions afférentes. Les informations sont :

- dictées par les règles *métier* et les règles de conception (NS Techniques),
- automatiquement employées par l'utilisation des workflows,
- enregistrées dans les paramétrages spécifiques et les métadonnées des objets,
- diffusées par les associations entre les objets et le processus par les instructions et les liens.

Pour le mode *pull*, nous créons et exploitons les filtres de recherche d'information dans la base de données. Ce mode permet à l'utilisateur de se référer en autonomie à la base complète de laquelle il peut extraire toute information qu'il juge intéressante. Les critères de filtrage que nous retenons pour retrouver l'information sont :

- la localisation des informations dans des espaces dédiés faciles d'accès : container bibliothèque, produit...
- l'activation de la recherche indexée sur les métadonnées et dans les objets,
- l'utilisation des liens d'associations entre les différents objets.

Cette configuration répond aux problématiques de confidentialité puisque l'accès aux informations est avant tout contrôlé dans le PLM par le système de gestion des droits d'accès et de consultation.

Les éléments clés de la solution de Retour d'Expérience impliqués dans cette organisation sont :

- les objets PLM car ce sont les données de l'entreprise, formatées suivant les règles du méta-référentiel,
- la fiche REx car elle contient les informations nécessaires (et normalement suffisantes) pour décrire l'expérience sujette au REx,
- les Documents_Qualité car ils contiennent les connaissances explicitées, les règles *métier* et les règles de conception issues de l'apprentissage et utilisables pour l'activité.

4.2 LE SYSTEME REX DANS LE PROCESSUS D'EVOLUTION DES DOCUMENTS_QUALITE

4.2.1 Principes

Certains aménagements peuvent être apportés à l'architecture que nous venons de décrire en considérant le processus même d'évolution des NS Techniques comme une résolution de problème à part entière.

Nous allons exposer ces modifications d'architecture dans le présent paragraphe.

Le processus d'évolution des NS est initialisé par une requête assimilable à l'expression d'un problème, par le biais d'un PR, dont la résolution conduira à la création d'une NS ou à sa modification. Nous retrouvons dans cette résolution les principales phases d'un processus PSM : description/évaluation du problème, analyse causale, recherche de solutions, implémentation (ici la rédaction et la validation de la NS). Nous avons déjà présenté (§ IV.3.2.1) les trois niveaux de complexité de ces évolutions.

Le processus d'évolution peut donc être traité suivant une approche PSM comme nous l'avons déjà exposé dans le chapitre III.

De même, nous pouvons considérer cette résolution de problème d'évolution de NS Technique comme une expérience qui pourra être appréhendée par un système REx. D'un point de vue "local", ce système REx permettra de capitaliser et de valoriser les expériences de création de connaissances.

Cette architecture est représentée sur le schéma de la figure IV.9.

Les informations caractéristiques de cette expérience pourront être consignées dans une fiche REx (distinguée par la désignation fiche REx/NS). La fiche REx/NS aura évidemment la même structure que celle décrite dans le chapitre III (§ III.3.2). L'expertise appréhendée dans cette organisation est celle, essentiellement technique, engagée et produite pour la résolution du problème d'évolution du contenu de la NS.

L'implémentation de ce REx implique que le processus soit ancré à la gestion PGM des évolutions des Documents_Qualité. De la même façon que pour les processus *métier* supportés par le PGM, cela permettra d'exploiter la dynamique des objets et des processus du PGM pour établir les fiches REx/NS dans une forme non intrusive car réalisé au cours de l'activité. De plus, plusieurs informations sont directement corrélées à certaines des données identifiées dans les processus PGM pour l'évolution des Documents_Qualité.

Le traitement aval des contenus des fiches permettra, là encore, de récupérer les informations spécifiques de ces expériences pour : 1) aider la résolution de l'évolution des futures NS Techniques, 2) induire la généralisation de nouvelles règles Saft.

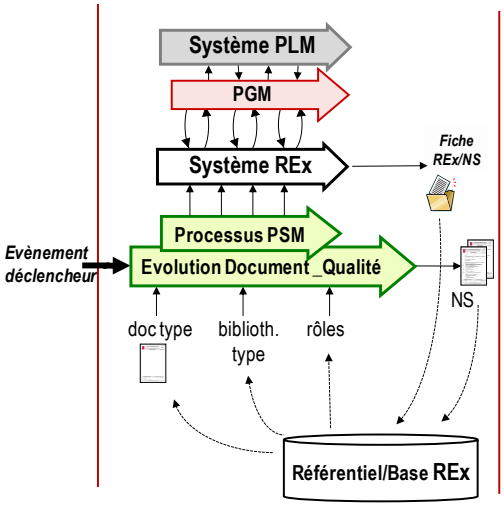


Figure IV.9 - 2ème exploitation du REx pour l'expression des connaissances explicites

L'architecture complète du système REx du système que nous venons de décrire est présentée sur le schéma général de la figure IV.10.

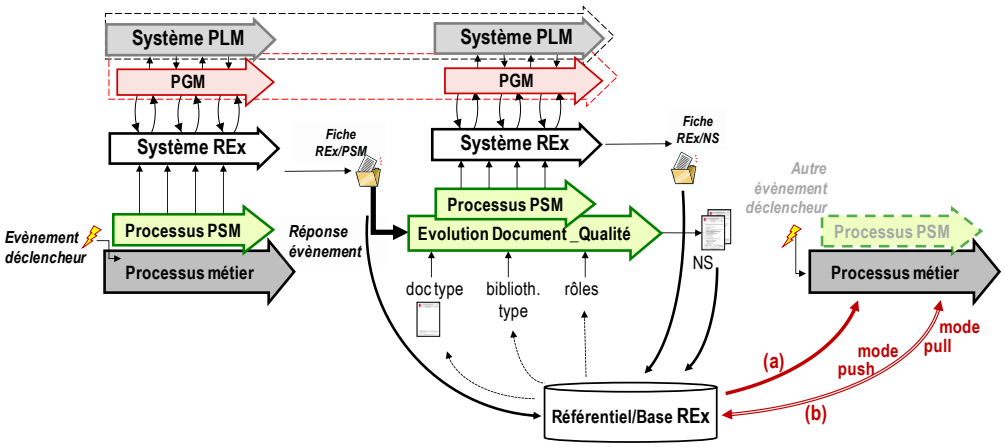


Figure IV.10 - Organisation générale de l'architecture proposée

Au-delà des apports que nous avons déjà commentés dans le chapitre III, cette organisation permet :

. l'exploitation directe des informations fournies par le processus REx/PSM engagé sur les processus *métier* dans le cycle de développement du *produit,*

. l'application de méthodes structurées PSM pour traiter les problèmes que représentent les évolutions de *connaissances*, via les évolutions des Documents_Qualité,

. l'exploitation d'un système REx dédié à l'expérience de création / évolution de ces connaissances *explicites* pour enrichir les connaissances relatives au fonctionnement du système Saft,

. un engagement du système REx couplé aux objets du PLM par les objets du PGM et pleinement intégré aux mécanismes sous-jacents,

. la pleine exploitation des fonctionnalités PLM via le paramétrage et l'usage :

. des modèles de containers, pour gérer et structurer les emplacements de stockage,

. des méta-données et trames de restitution pour définir les données portées par les objets,

. des droits d'accès, cycles de vie et workflows pour gérer les informations,

. du PGM pour gérer les évolutions de ces informations.

5 EXEMPLE D'APPLICATION

Ce paragraphe est consacré à la présentation d'un exemple, illustrant les développements que nous venons d'exposer, consistant à la modification d'une NS Technique dans le cas concret d'une révision complète du document.

L'exemple que nous considérons prolonge celui que nous avons présenté dans le chapitre III (§I III.5). La NS Technique qui doit faire l'objet d'une modification est la spécification technique des composants durites employés dans la batterie XXX déjà considérée. Il s'agit donc d'une conséquence directe de l'étude précédente qui avait impliqué un changement de matière et de définition des durites.

Le Document_Qualité relatif à cette NS Technique est géré dans le contexte *bibliothèque* NS Technique AAA, les articles durites se référant à ces spécifications sont associés (par le PLM) au Document_Qualité.

Le modèle de l'expérience et des connaissances sera généré, à l'issue du traitement de l'expérience de modification, par l'établissement d'une fiche REx/NS renseignée au cours du processus.

Comme pour l'exemple du chapitre III, les développements de cette étude de cas nous permettront :

1) de valider la proposition de solution REx appliquée aux connaissances *explicites* en vérifiant son applicabilité et qu'elle génère des données ré-exploitables (fiches REx/NS dans la base PLM),

2) de vérifier que la solution satisfaisait aux attentes utilisateurs de NS Techniques (créateurs, validateurs et consultants) et qu'elle pourra être opérationnalisée pour toute demande d'évolution ou de création de Document_Qualité dans le PLM.

Cette étude de cas dans le cadre PLM a été réalisée en parallèle du processus de résolution interne "papier" encore en vigueur à Saft à la date de l'expérience. La confrontation au traitement réel a constitué un test de validation de nos propositions.

Au cours de cette étude, nous avons supervisé les experts dans les activités du processus, en les aidant d'un point de vue méthodologique, à capitaliser, traiter et exploiter pour le REx. Nous avons retranscrit nos relevés dans une matrice de suivi dont nous donnons des extraits dans les schémas des figures IV.11 à IV.14 suivantes.

La présentation de l'exemple est faite dans l'ordre chronologique d'apparition des évènements. Nous présentons les actions, les acteurs et les informations engagés au fur et à mesure de leur implication dans le traitement.

5.1 SITUATION INITIALE : UNE DEMANDE DE REFONTE DE LA NS TECHNIQUE

L'évènement déclencheur de la demande d'évolution de NS Technique est une des CA du PGM *produit* concernant la définition de la matière des durites. Cette tâche de CA implique une action de vérification de la conformité de la NS Technique de référence, le Document_Qualité XXX_XXX, à la réglementation en vigueur (normes UE, AFNOR...) et aux spécificités techniques des nouveaux composants.

Dans cet exemple, c'est l'ingénieur matériaux, responsable de l'étude de la durite, désigné dans le PGM *produit* comme assigné, qui initie le PGM relié au Document_Qualité XXX_XXX dans la *bibliothèque* NS Techniques AAA.

Cet acteur est un utilisateur déclaré en tant que :

- rôle "ingénieur polymère",
- membre du *groupe de participants* des CAI de la *bibliothèque* NS Techniques AAA (il est le seul *métier* ingénieur polymère de ce groupe).

Il cumule les rôles de témoin et de CAI :

- à titre de témoin, il s'assure, comme indiqué dans la CA du PGM *produit*, que la tâche de vérification de la validité du Document_Qualité XXX_XXX ait été initiée par une analyse de son contenu,

. en tant qu'expert technique matériaux, il connaît et maîtrise la NS Technique initiale et détecte les non-conformités, lacunes et écarts entre la version de la NS en vigueur (ayant toujours le statut "Officiel") et les exigences techniques requises pour spécifier la définition de la matière.

Dans ce cas précis, la NS Technique en vigueur est un document datant des années 90. Bien qu'ayant le statut "Officiel", son contenu est incomplet : il manque certaines informations par rapport aux exigences de contenu des NS Saft récentes.

Nous rappelons que toute demande d'évolution concernant ce document, faisant partie des Documents_Qualité, est déclenchée par un processus de gestion des modifications dédié.

De par son expertise sur le nouveau produit "durite" et ses connaissances de la NS Technique, l'ingénieur matériau initialise directement un CR.

Cette action permet de clôturer la CA du PGM *produit* car la demande de mise à jour de la NS Technique est enclenchée.

5.2 ELABORER LA SOLUTION

Avec la création du CR, l'ingénieur matériau, dans le rôle de CAI (Change Admin. 1) :

. expose le problème en réponse au PGM produit (ici durite) : intégrer dans le Document_Qualité XXX_XXX les éléments spécifiques à la nouvelle définition et à la nouvelle matière,
. renseigne les éléments du contexte de l'évènement via les champs automatiques du PLM,
. relie au CR les documents de description (PGM des durites, Fiche REx/PSM issue du PGM *durite*, rapport de qualification...).

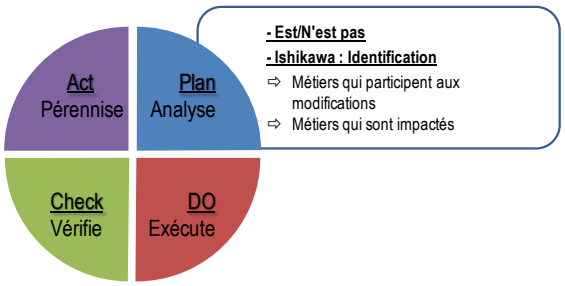
Ces éléments sont nécessaires et suffisants pour établir la première analyse de complexité. Effectuée en utilisant l'outil "Est / N'est pas", cette analyse montre que :

. le problème est ponctuel, l'anomalie est identifiée et les causes *racine* sont supposées,
. la solution est connue puisqu'il s'agit de la mise à jour du Document_Qualité qui implique une refonte totale de la NS Technique,
. les impacts sur les coûts et les procédés de fabrication sont maîtrisés,
. l'impact sur les futurs utilisateurs est connu.

Le workflow sélectionné est le processus Fast-Track. Comme indiqué dans l'intitulé et les instructions des tâches envoyées par le CR, le CAI (l'ingénieur matériaux) initialise un processus PDCA(*) pour la proposition d'un nouveau Document_Qualité. C'est lui qui est responsable de la mise en œuvre du PDCA. Il pilote les activités inhérentes de façon autonome.

(*) il s'agit là d'un choix uniquement conjoncturel : l'ingénieur matériaux assurant le rôle de CAI avait une préférence pour la démarche PDCA. En effet, le PDCA étant un des outils qualité du référentiel World Class de Saft, il l'utilisait régulièrement.

La première phase du PDCA est PLAN, i.e. l'analyse plus précise des causes pour mettre en place une résolution efficiente (figure IV.11).



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	Document Saft externe PLM rattaché
Ingénieur Matériaux	Non-conformité de la NS Technique Demande de modification NS T	Détection - Indication des modifications	champs / attributs / liens	Contexte	Témoin	PR - En cours	Document_Qualité - Officiel	Copie Document_qualité modifié (optionnel)
Ingénieur Matériaux	Lancement de la démarche de modification		champs / attributs / liens	Contexte	CA1	PR - Validé CR - En cours	Document_Qualité - Officiel	Copie Document_qualité modifié (optionnel)

Figure IV.11 - Plan, analyse des causes

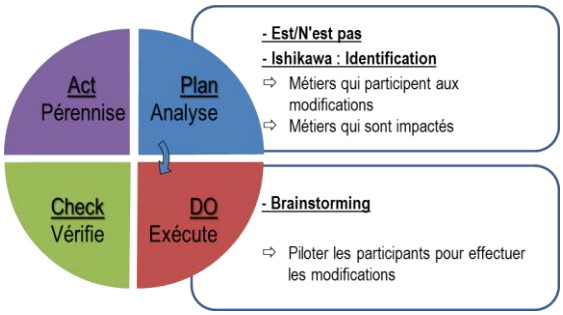
Dans le cadre de cet exemple, le CAI choisit de construire un diagramme causes / effet (ou Ishikawa) pour identifier l'ensemble des domaines en relation avec la modification de la NS Technique. Ce diagramme causes / effet lui permet de déterminer les interactions du Document_Qualité dans les domaines : *matière, milieu, méthodes, matériel* et *main d'œuvre.*

Son niveau de compétence est suffisant pour en déduire quels métiers :

- doivent participer à la modification des informations contenues dans la NS Technique : personnes à contacter pour modifier la NS (ingénieurs techniques, concepteurs...),
- devront utiliser et s'adapter aux modifications de la NS Technique : personnes à former et à informer (contrôleurs, concepteurs...).

Le CAI enregistre le document support du diagramme causes / effet dans le CR et répertorie les outils et les conclusions de son analyse dans la Fiche REx/NS.

La seconde phase du PDCA est DO, i.e. l'exécution de la proposition de solution définitive (cf. figure IV.12).



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	document Saft externe PLM rattaché
Ingénieur Matériaux	Analyse + Enquête impacts + synthèse des suggestions	complétion des modifications Analyse impacts menée en autonomie - Est/N'est Pas avec outil interne	Ishikawa Brainstorming	Analyse + solution	CA1	CR - En cours	Document_Qualité - Officiel	Ishikawa CR - Brainstorming

Figure IV.9 - Do, proposition de solution

Le CAI organise une séance de Brainstorming avec les représentants *métier* identifiés à l'aide du diagramme causes / effet. La NS Technique est une spécification qui comporte différentes informations relatives à la

définition, au comportement mécanique, aux conditions de montage, de tests, d'utilisation et de stockage des durites.

Pour assurer une mise à jour complète des règles *métier* pour l'emploi des durites, le CAI réunit :

- un ingénieur mécanicien,
- un ingénieur chimiste,
- un technicien matériaux,
- un ingénieur développement,
- un ingénieur qualité (contrôle composants en entrée).

Conformément au Rapport de Qualification et aux modifications effectuées sur les durites ainsi qu'aux exigences du domaine (réglementations et spécifications clients), ce groupe d'experts étudie et effectue les modifications nécessaires du Document_Qualité XXX XXX.

Le CAI enregistre la solution dans le champ alloué du CR. Il intègre les conclusions à la Fiche REx/NS et effectue la tâche de validation du CR.

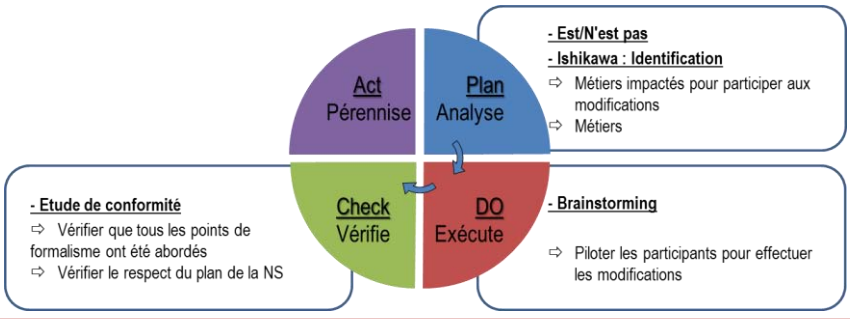
5.3 IMPLEMENTER ET REALISER LA SOLUTION

Dans la *bibliothèque* des NS Techniques AAA, les membres du *groupe de participants* CAII, constitué de Responsables Techniques, reçoivent chacun une tâche de création de CN.

L'acteur concerné par le PGM, l'ingénieur qualité de ce *groupe de participants CAII,* prend en charge la création du CN. Les autres participants du groupe ne seront pas concernés par les notifications suivantes relatives à l'instance du PGM.

Comme illustré dans la figure IV.13, il vérifie la conformité des résultats du CR et définit la CN. Il planifie la tâche de ré-écriture du Document_Qualité et révise l'objet Document_Qualité qu'il rattache à :

- une CA impliquant la modification du Document_Qualité XXX XXX : le passage de la version n à la version n+1 ; l'assigné est l'ingénieur matériaux, le responsable est responsable de *bibliothèque*,
- une CA impliquant la vérification des cas d'emploi de ce Document_Qualité XXX XXX pour s'assurer de la mise à jour de tous ses liens avec les articles qui le référencent ; l'assigné est un technicien conception, le responsable est le responsable conception.



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	Document Saft externe PLM rattaché
Responsable Matériaux	Mise en œuvre des modifications	Implémentation	champs / attributs / liens	Déploiement	CA2	CN - En cours	Document_Qualité Vn+1- En cours	
Technicien Matériaux		Implémentation	champs / attributs / liens rôle sélectionné	Déploiement	Assigne	CN - En cours	Document_Qualité Vn+1- En cours	

Figure IV.10 - Check, vérification de la modification

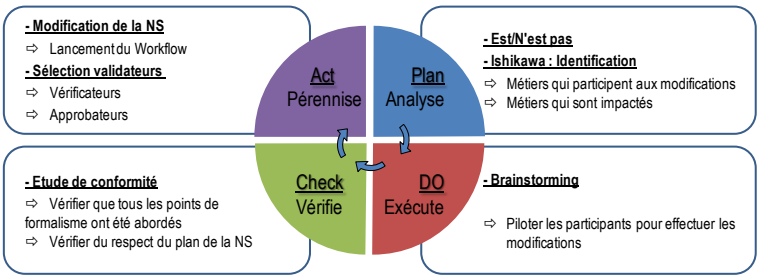
Le CAII déclare le planning dans la fiche REx/NS et liste des objets affectés avant de valider la tâche d'implémentation.

Pour la première CA, le workflow de validation du Document_Qualité se déroule en parallèle.

- Consécutivement à la séance de Brainstorming, l'ingénieur matériaux effectue, de par son rôle "Ingénieur Matériaux", la modification du Document_Qualité XXX_XXX et enregistre la nouvelle version de ce document.
- Il initialise le processus de validation de cette version et sélectionne les vérificateurs (relecteurs techniques) et les approbateurs.
- Les vérificateurs valident le document ; les approbateurs officialisent.

Le Document_Qualité passe au statut "Officiel" ; le responsable de la *bibliothèque*, ici le responsable du CA est notifié par un envoi de mail automatique. Il clôture la première CA.

Pour la seconde CA, le technicien conception vérifie la validité des liens qui associent les articles à la nouvelle version du Document_Qualité. Il s'assure que ces liens référencent la nouvelle version de spécification et valide son action. Le responsable conception clôture le second CA (cf. figure IV.14).



Acteur	Expérience	Phase PSM	Elément restitution dans le REx	Statut Fiche REx	Outil fiche REx	Rôle PLM	Statut PGM	Statut Document PLM	document Saft externe PLM rattaché
Responsable Conception Responsable Mécanique Responsable Achat		Implémentation	*rôle sélectionné Décision*	Déploiement		*Valideur*	*CN - En cours*	*Document_Qualité Vn+1- En Validation*	
Responsable Matériaux Responsable Technique		Implémentation	*rôle sélectionné Décision*	Déploiement		*Approbateur*	*CN - En cours*	*Document_Qualité Vn+1- En Validation*	
Ingénieur Matériaux		Implémentation	champs / attributs / liens rôle sélectionné	Déploiement		Relecteur	CN - En cours	Document_Qualité Vn+1- Officiel	
Responsable Technique	Valide et Clôture la modification	Clôture	champs / attributs / liens	Clôture		CA3	CN - En cours	Document_Qualité Vn+1- Officiel	

Figure IV.11 - Act, pérenniser la solution

Les CA sont à l'état "Resolved" ; une notification automatique de CN est envoyée au CAIII, le responsable du Service Technique, qui réalise l'audit de la modification.

Conformément aux tâches de l'audit, le CAIII :

- complète la fiche REx/NS avec les informations issues des CA et sa décision d'audit,
- enclenche le processus de validation de la Fiche REx/NS,
- valide le CN et envoie un mail de félicitations et de remerciements aux CAI et CAII.

Le processus REx est complété par le passage de la Fiche REx/NS au statut "Officiel". Cette dernière est approuvée par le pilote entreprise REx (responsable amélioration continue) après un entretien avec le CAI, le CAII et le CAIII pour confirmer la complétude des informations.

Le responsable REx déplace cette fiche REx/NS pour la stocker dans le container Bibliothèque REx du PLM.

6 CONCLUSION

Les connaissances *explicites* formalisées dans les documents qualité NS Techniques forment une part importante du patrimoine immatériel applicable aux activités industrielles de Saft. Nous nous sommes intéressés dans ce chapitre à cette connaissance, notamment, dans le cadre des processus qui sous-tendent la création et l'évolution des NS Techniques dont la gestion est assurée par le PGM intégré au PLM. Ce cadre constitue une situation privilégiée d'expression des connaissances explicites.

Nous avons d'abord présenté les documents NS Techniques du site de Bordeaux, un vivier de connaissances *explicites* dédiées au produit, utilisé pour retranscrire et transmettre les savoir-faire *métier*. Nous avons exposé le processus de migration que nous avons engagé pour caractériser et gérer ces documents en tant que Documents_Qualité dans le PLM.

Nous attachant à améliorer la gestion des NS Techniques, nous avons configuré le PGM et le workflow de validation des Documents_Qualité dans le PLM et présenté les mécanismes de valorisation de la connaissance.

Nous avons ensuite présenté l'ancrage du système REx à cette architecture. Nous avons d'abord considéré les mécanismes d'évolution des Documents_Qualité comme un prolongement du REx *produit*, dont la cible était la résolution de problèmes dans les processus *métier* sous-jacents. Nous avons ensuite adossé les processus PSM (et le REx associé) au processus d'évolution des NS Techniques afin d'assister ce processus, l'évolution des NS Techniques étant prise elle-même comme un problème à résoudre.

Les mécanismes constitutifs de l'architecture présentée en final pour la solution portent tous sur les ressources immatérielles de l'entreprise, tant sur le plan des connaissances *tacites* que celles explicites. Cette architecture illustre bien cette mise en place d'une solution REx globale qui intervient tant sur l'expertise engagée au niveau du cycle de développement du produit, via les processus *métier* supports que sur celle mise en jeu dans les processus d'évolution de la connaissance.

La solution REx est bien ancrée au PLM par le Processus de Gestion des modifications ; elle bénéficie pleinement des fonctionnalités PLM rendues accessibles par ce couplage pour sa mise en application.

Notons que toute la solution mise en place dans l'entreprise pour utiliser le "Retour d'expériences" est, avant tout, une méthodologie de travail. Pour valoriser son utilité et son application, l'implication et l'appropriation par les acteurs sont primordiales. La pérennisation de la solution suppose évidemment le plein engagement des utilisateurs sous l'impulsion d'une Direction affichant fortement les attentes *entreprise* et les objectifs pour chacun.

Pour terminer, soulignons la possibilité de considérer encore une autre extension du système REx. Nous ne faisons ici qu'évoquer celle-ci même si nous reprenons encore cette idée dans les perspectives du travail dans la conclusion générale. En effet, la mise en œuvre de cette extension nécessite de s'assurer, au préalable, de la pleine appropriation par les acteurs *entreprise* de la solution que nous venons de proposer.

Nous avons appliqué les principes du Retour d'Expérience, d'abord, au niveau de l'expertise et des informations liées au *produit*, puis, au niveau de l'expertise et des informations liées à la *connaissance* (nous avons également fait ainsi pour le processus de gestion des modifications (GDM) qui a d'abord porté sur les modifications liées aux processus *métier* puis sur les modifications liées à la *connaissance*).

Notre proposition est de considérer maintenant l'application des principes du REx au niveau même de l'*organisation*. Si nous prenons pour cadre d'expérience les situations d'engagement de l'architecture que nous avons proposée pour les processus liés de notre solution, nous pourrons appréhender dans ces expériences, par exemple, l'efficacité de la conduite même des évolutions des NS par le PGM ou la performance descriptive des éléments du SDDCM.

Les observations ne seront plus au niveau du problème technique particulier qui est traité ou du contenu de la NS Technique concernée mais elles porteront sur l'organisation même entre processus.

L'exploitation qui découlera du traitement des informations de ces expériences pourra impacter la performance même du système PLM ou la performance de l'emploi qui en est fait, les choix d'implantation et du PGM, la qualité des processus constitutifs.

.

Conclusion générale

Dans le contexte industriel actuel, une part importante de la compétitivité des entreprises passe par une gestion efficiente du patrimoine immatériel en vue de sauvegarder et d'utiliser les savoirs industriels à bon escient. Saft Bordeaux porte une importance considérable à la valorisation de son patrimoine immatériel qui, depuis la création du site, n'a cessé d'augmenter et d'évoluer pour répondre, d'une part, aux évolutions externes (normes externes, exigences clients...) et, d'autre part, aux volontés internes d'amélioration.

Le système documentaire, aujourd'hui numérique, évolue et se densifie continuellement. Les évolutions des systèmes d'information, des technologies et des organisations de l'entreprise sont des révolutions pour la gestion du patrimoine industriel. Pour s'adapter à ces nouvelles contraintes, Saft a développé et mis à disposition des outils et méthodes de travail dédiés à la gestion de l'information. Néanmoins, les études menées par le Service Qualité montrent aujourd'hui que les solutions mises en place sont dépassées : certaines informations relatives aux savoirs, savoir-faire et règles *métier* dédiés à la technique sont hétérogènes, parfois obsolètes et disparates. C'est dans ce cadre d'amélioration du patrimoine informationnel dédié à la technique que nous introduisons les résultats de la thèse qui visent à corréler un processus de REx (Retour d'Expérience) au PLM (Product Lifecycle Management) en cours de déploiement.

Les travaux réalisés dans le cadre d'un doctorat CIFRE, ont porté sur l'instanciation d'une méthodologie de Retour d'Expérience dans le progiciel PLM *Windchill® PDMLink* de l'entreprise. Afin de mettre en évidence les principales contributions de nos travaux, nous rappelons les différentes étapes qui nous ont permis de construire notre démonstration.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté le contexte général de l'étude. Nous avons décrit l'environnement industriel actuel auquel doivent s'adapter les entreprises pour continuer d'évoluer et rester compétitives. Les mutations profondes, occasionnées tant par la transformation des marchés que par l'évolution des techniques et technologies dont disposent les entreprises, ont fait apparaître de nouveaux modes de fonctionnement en interne comme en externe avec les parties prenantes (clients, fournisseurs, prestataires...). Tous les domaines évoluent rapidement et les entreprises doivent perpétuellement entreprendre des actions de progrès en vue de rester leader de leur domaine. Dans cette dynamique d'évolution et de remise en cause des pratiques, les savoirs et savoir-faire détenus par les personnels sont fragilisés. Il est alors nécessaire d'initier des projets d'entreprise de gestion des connaissances pour contribuer à la préservation du patrimoine informationnel et continuer à améliorer les performances globales du système industriel. Dans un tel contexte, nous avons profité d'un programme Saft d'amélioration continue d'implantation d'un outil logiciel PLM pour mettre en œuvre un processus de Retour d'Expérience.

Toute action partant d'une solide analyse des besoins, nous avons spécifié les écueils et attentes de la société Saft Bordeaux et exprimé les caractéristiques inhérentes au fonctionnement de la solution à développer :

- le périmètre d'application de cette étude concerne l'environnement technique de développement du produit,
- les fonctionnalités attendues sont de créer (mémoriser, valoriser, traiter) et de pérenniser (gérer efficacement, rendre accessible, comparer) les connaissances *métier* issues des savoirs et savoir-faire des acteurs de l'entreprise,
- le système de Retour d'Expérience doit être dédié au produit et permettre d'améliorer la performance des produits et des processus employés dans leur élaboration,
- l'environnement doit utiliser le PLM comme un cadre structurant permettant de générer et de gérer des informations structurées, où la vision du produit est globale et l'approche induite est multi-acteur.

Nous avons ensuite présenté les intérêts scientifiques de cette problématique. Il s'agit en effet d'une étude singulière et novatrice portant sur le couplage REx-PLM.

Dans le second chapitre, nous avons proposé une analyse bibliographique des travaux scientifiques et industriels en lien avec notre problématique. Nous avons commencé par définir certains termes usuels liés au domaine de la connaissance et des informations. Poser ces définitions a été essentiel dans nos travaux car cela a permis d'établir un socle commun de communication. Nous avons ensuite considéré le domaine de la gestion des connaissances et analysé les différents courants actuels. Cette étude nous a permis de justifier les choix conceptuels et techniques du Retour d'Expérience pour répondre aux attentes et enjeux de notre partenaire industriel. Nous avons alors posé et enrichi par nos éclairages spécifiques les éléments caractéristiques de la démarche de REx. Nous avons montré comment elle permet en trois phases distinctes (capitalisation, traitement, exploitation) d'expliciter les connaissances *métier* par raffinement successif des informations. Nous avons aussi rapproché de cette analyse l'étude détaillée de la situation initiale de Saft.

Afin d'analyser les pratiques, les écueils et les attentes des acteurs de l'entreprise Saft, nous avons établi et mené un audit terrain auprès d'un panel représentatif d'une trentaine de personnes. Cet audit nous a permis, d'une part, de montrer une réelle motivation des acteurs pour capitaliser les savoirs en vue de s'améliorer et, d'autre part, de synthétiser les besoins réels des futurs utilisateurs que nous avons consolidés avec ceux émis par la direction.

Parallèlement à ces travaux sur le REx, nous avons activement participé au projet de déploiement de l'outil PLM. Pour mener à bien ce projet, nous avons étudié les principes et le fonctionnement de base de l'outil informatique déployé sur le site de Bordeaux et réalisé un état de l'art sur les travaux de recherche en lien avec le PLM. L'ensemble de ces travaux nous ont permis de comprendre et d'appréhender, d'une part, les concepts et la portée de ces outils, et, d'autre part, son positionnement dans l'entreprise. Nous avons été élément moteur dans la définition du méta-référentiel, des processus automatisés et des paramétrages nécessaires pour obtenir une gestion des données en adéquation avec les processus internes. De même, nous avons managé les activités de recettage, de formation et de communication afin de nous assurer de la validé des éléments établis et de maximiser l'adoption de l'outil PLM par les futurs utilisateurs.

Enfin, ces travaux nous ont permis d'avoir une solide connaissance du PLM, connaissance nécessaire pour pouvoir élaborer une solution REx efficiente.

Dans le troisième chapitre, nous avons détaillé la démarche engagée pour implémenter le système de Retour d'Expérience dédié au produit dans le PLM de l'entreprise. Nous avons présenté une première action dont l'objectif était de formaliser les expériences implicites générées suite à la réponse à un événement déclencheur. Dans ces travaux, nous avons principalement considéré les événements négatifs pour lesquels les informations à collecter sont clairement identifiées. De plus, le traitement de ces événements implique une forte sollicitation des connaissances des acteurs. Nous avons donc souhaité profiter de cette concentration de savoirs contextualisés pour capter et ancrer les connaissances *métier* de résolution dans un formalisme adéquat à leur exploitation. Suite à un état de l'art sur les méthodes de résolution de problèmes, (PSM pour Problem Solving Methods), nous avons proposé une démarche à complexité variable permettant d'adapter le niveau d'engagement à la criticité ou à l'importance du problème traité. Pour instancier cette démarche dans le PLM, nous avons choisi de nous appuyer sur le processus de Gestion des Modifications (PGM) car, d'une part, il implique l'évolution de données *Produit* et, d'autre part, il concerne généralement la conduite d'évolutions pour améliorer ou corriger une caractéristique du produit.

Dans l'élaboration de la solution, nous avons analysé finement, chaque processus indépendamment, les PSM, le PGM proposé par le PLM ainsi que le REx. Cette étude nous a permis de spécifier les éléments clés de la solution pour définir un workflow spécifique REx/PSM-PGM conduisant à l'obtention automatique d'une fiche de Retour d'Expérience établie à partir des informations consignées lors de la résolution d'un problème.

Nous avons construit la solution sur le socle du processus PGM que nous avons paramétré dans l'outil PLM. Pour chacune des séquences d'activité du PGM, le Rapport de Problème (PR), la demande de modification (CR), le plan d'implémentation (CN) et les activités de modification (CA), nous avons décrit le fonctionnement du processus REx basé sur le paramétrage que nous avons mis en œuvre.

Cette définition de workflow PGM nous a permis de gérer les activités de réalisation, l'allocation des rôles *métier* et la restitution des informations générées par la définition de modèles pour garantir une cohérence d'ensemble du processus et garantir les pratiques de REx sur les PGM *Produit*. Notre principe de couplage des processus a été d'intégrer les éléments de REx et de PSM aux objets permettant de gérer le processus *métier* PGM du PLM. Pour le réaliser, nous avons caractérisé plusieurs spécificités :

- définition du workflow PGM (enchaînement des tâches et actions engagées par le PLM),
- réécriture des intitulés et des instructions des actions et des tâches pour expliciter les actions et guider les utilisateurs dans la démarche,
- distribution des responsabilités *métier* aux rôles PLM pour le pilotage du processus,
- intégration du modèle de fiche REx/PSM pour une prise en charge tout au long du processus.

Les avantages théoriques de l'application combinée des concepts REx, PSM et PLM sont indéniables. Pour attester la pertinence de ces résultats sur le plan pratique, nous avons proposé une étude sur un cas réel mené en entreprise. Cette étude a permis de montrer comment s'articulait la démarche et les rôles de chacun.

Dans le quatrième chapitre, nous avons étendu notre démarche REx au processus de traitement, c'est-à-dire à la transformation des expériences en connaissances pour aboutir ainsi à un REx cognitif complet. Comme nous l'avons montré, les NS Techniques sont des règles *métier* liées aux *produits* et aux *processus* qu'elles spécifient. Utilisées dans les activités de conception, de développement et de production, elles permettent d'apporter les connaissances nécessaires aux acteurs pour mener à bien leurs travaux.
Le Service Qualité Saft a décidé de les intégrer dans la base de données PLM pour les gérer comme des objets types. Nous avons donc appliqué les fonctionnalités du PLM à la gestion des NS Techniques. Cette intégration des NS Techniques au PLM s'est appuyée sur une analyse détaillée de leur contenu et de leur gestion qui nous a permis de paramétrer un type de document, le Document_Qualité dédié. Nous y avons spécifié des caractéristiques particulières dans la définition des informations descriptives et pour la gestion de leur évolution.

L'évolution des NS Techniques implique l'élaboration de règles *métier* par la rédaction des Documents_Qualité ; ce processus constitue un réel traitement des connaissances car il met en œuvre les expertises *métier* nécessaires à leur expression et à leur formalisation.

Nous avons ensuite considéré que les activités de création et/ou de modification des NS Techniques correspondaient pleinement à une résolution de problèmes, issus souvent des expériences *métier* et retranscrits dans les fiches REx/PSM. Nous avons alors appliqué la démarche REx/PSM-PGM que nous avions établie dans le chapitre III au processus de gestion de création et/ou évolution des Documents_Qualité. Nous avons ainsi étendu les mécanismes de capitalisation à l'élaboration/formalisation des connaissances.
Après un traitement possible, l'exploitation des informations, expériences et connaissances, issues de ce processus permet aux acteurs d'utiliser les fonctionnalités du PLM pour disposer de l'information en mode *push* ou *pull*, selon leur besoin. Deux niveaux d'exploitation sont possibles :

- l'utilisation directe des NS Techniques dans les processus *métier,*
- la réutilisation de l'expertise acquise dans les expériences lors de l'apparition de nouveaux évènements.

La solution REx que nous avons paramétrée et mise en place dans le PLM Saft, appuyée sur le processus de gestion des modifications, permet par l'utilisation des fonctionnalités PLM spécifiquement paramétrées, de capitaliser, traiter et exploiter les informations, les expériences et les connaissances issues de la résolution des problèmes *produit*.

Nous avons enfin validé l'ensemble de ces développements par une application à un cas entreprise Saft.

Soulignons que par l'implication que nous avons provoquée des acteurs du groupe de projet PLM et d'un panel d'utilisateurs, nous avons pu effectuer différentes expérimentations qui ont permis de valider la solution et la cohérence globale de l'architecture établie. Par ailleurs, ces expérimentations ont permis d'identifier clairement

ce groupe d'acteurs moteur, désormais identifié comme le pôle "utilisateurs clés" de la conduite du REx dans le PLM.

Les résultats que nous avons exposés tout au long de notre démonstration attestent bien que nous avons répondu à la problématique initiale. En effet, la solution met en œuvre un REx appliqué aux connaissances *tacites* et *explicites* impliquées dans les activités techniques de l'entreprise. Le caractère non intrusif du REx dans son utilisation est assuré par son couplage étroit au processus de gestion des modifications, la capitalisation des informations étant naturellement induite par la démarche mise en œuvre dans le PGM. L'ancrage du REx aux méthodes PSM est une situation tout à fait performante pour la capitalisation des expériences et donc l'acquisition des connaissances *tacites*. Le portage sur le processus de traitement, seconde phase du REx, permet de faire évoluer ces expériences en connaissances e*xplicites.*

Plusieurs questions sous-jacentes ont trouvé réponse.

Les résultats montrent l'opportunité d'exploiter les fonctionnalités du PLM pour faciliter la réalisation des mécanismes de Retour d'Expérience. L'adossement au PLM permet d'optimiser la réalisation des mécanismes de Retour d'Expérience par l'emploi des fonctionnalités essentielles et des matériels structurants qui nous ont permis de formaliser et de structurer l'engagement des processus et des données sous-tendues.

La "synchronisation" des formalismes PLM et REx permet de fluidifier la démarche de REx. La liberté offerte par l'emploi des processus du PLM ouvre sur une méthodologie qui bonifie l'emploi du REx et favorise l'appropriation pour les utilisateurs.

L'application du REx au PGM par l'utilisation du PSM permet d'améliorer le processus de gestion des modifications en valorisant l'adoption de bonnes pratiques applicables aux activités et en apportant des éléments structurés pour l'analyse, le déploiement, l'émission de solutions et l'aide aux prises de décision.

A l'issue de ce travail, nous distinguons plusieurs voies d'approfondissement et de prolongement.

Tout d'abord, en ce qui concerne le déploiement de la solution en entreprise, l'architecture support développée dans la thèse est en phase d'instanciation. Des travaux sont en cours pour incorporer aux fiches REx les trames des outils de la qualité identifiés en support des processus PSM Saft. Des choix sont à faire sur les outils PSM à retenir pour les traitements au niveau des processus *connaissance* dans le PGM.

Les réunions, les supports de formation et la sensibilisation à l'utilisation de la démarche sont engagés auprès des utilisateurs afin d'opérationnaliser la démarche qui permettra à tous les utilisateurs des données du PLM d'utiliser le processus REx/PSM-PGM pour les évolutions de produits et de documents.

A cet effet, il est important de souligner que nos résultats n'ont de valeur que par la proposition d'une méthodologie, certes instrumentée, mais dont la performance est entièrement suspendue à l'appropriation et à l'application par les acteurs de celle-ci. Nous avons conduit de nombreuses actions de sensibilisation et de valorisation dans ce sens ; nous avons aussi initialisé plusieurs opérations avec les utilisateurs clés. Cependant, la volonté de la Direction, l'engagement du management et l'affichage d'objectifs précis seront les meilleurs gages de réussite de la démarche.

Indiquons encore que, dans le cadre de nos nouvelles fonctions, nous avons comme mission d'assurer l'accompagnement au changement pour l'adoption de cette solution. Cette activité se traduit par la supervision des actions de support à l'utilisation (formation, assistance, rédaction de fiches *métier* méthodologiques) et le suivi des performances (temps de traitement de PGM, nombre de validation de fiches REx, mise à jour des règles de gestion...).

Ces travaux ouvrent aussi des perspectives scientifiques.

D'abord, nous avons évoqué l'extension possible du système REx, au delà des niveaux *produit* et *connaissance*, à celui de l'o*rganisation* afin d'améliorer le processus lui-même. Cette utilisation du REx permettrait d'identifier,

d'une manière pratique, les "réglages" à faire sur la conduite des processus REx/PSM-PGM pour en améliorer l'efficience ou encore sur la conduite même des évolutions des NS par le PGM ou la performance descriptive des éléments du SDDCM. Plus en amont, cette instrumentation REx permettrait aussi d'alimenter la réflexion sur l'organisation même du PLM et de ses processus fondamentaux.

Plusieurs voies sont à explorer au niveau des caractéristiques même de ce système REx multi-niveau, à celui de la forme d'instrumentation du système PLM, aux possibilités de "paramétrage" de l'architecture PLM corrélé aux résultats d'exploitation du REx *organisation*...

Un autre champ important d'investigation concerne la recherche d'indicateurs adaptés au suivi de l'engagement de ce type d'architecture permettant d'évaluer le respect de son emploi systématique, des modes de fonctionnement associés... en lien direct avec les concepts de traçabilité.
C'est aussi la recherche d'indicateurs permettant d'évaluer la performance même de ces architectures au niveau de la qualité produite et de leur impact sur la démarche d'amélioration continue dans laquelle elles s'inscrivent.

A l'issue de ce travail de trois ans, il apparait aujourd'hui que la problématique de départ est plus que jamais d'actualité. La méthodologie que nous proposons est opérationnelle. L'exploration des champs d'investigation que nous venons de mentionner plus haut permettra d'en faire un vrai levier de performance pour la prise en compte rapide et efficace de la dimension REx à toutes les phases de développement du produit et, ainsi, répondre à un enjeu majeur pour la Direction : capitaliser et valoriser le patrimoine immatériel de l'entreprise.

Bibliographie

[Aamodt et al 1994] : Aamodt A & Plaza E., C*ase-Based Reasoning: Foundational Issues*, Methodological Variations, and System Approaches. AI Communications, vol. 7, n. 1, 1994

[AFITEP 2010] : AFITEP., *Dictionnaire de management de projet*, (5e édition), Paris, AFNOR, 2010.

[AFNOR 2012] : Editions Afnor., *Maitrise des risques*, Consulté le 2012, sur http://www.bivi.maitrise-risques.afnor.org.

[AFNOR 2000] : AFNOR., *Outils de management – Capitalisation d'expérience*, FD X50-190, 2000.

[AFNOR 2003] : AFNOR FD ISO 10007., *Systèmes de management de la qualité - Lignes directrices pour la gestion de la configuration*, 95 371 St Denis la Plaine; Afnor, 2003.

[AFPCN 2007] : AFPCN., *Synthèse des travaux et auditions réalisés dans le cadre du groupe de travail,* Retour d'expérience, extrait des Annales 2007 de l'AFPCN.

[Aha 2001] : Aha r Weber H, Munos-Alvila L, Breslaw K., *Bridging the Lesson Distribution Gap*, IJAC Proceedings, Seattle, Washington, USA, 2001

[Aldanondo & al 2009] : Aldanondo M, Abeille J, Coudert T, Vareilles E, Geneste L., *Identification des interactions conception de système et planification de conception*, CPI'09-3-Interactions conception planification, 2009.

[Aries 2008] : Aries S, Le Blanc B, Ermine J-L., *MASK., une méthode d'ingénierie des connaissances pour l'analyse et la structuration des connaissances*, Management et Ingénierie des connaissances / auteur du livre Ermine Jean-Loui., Paris : LAVOISIER. 2008

[Armaghan 2009] : Armaghan N., *Contribution à un système de Retour d'Expérience basé sur le raisonnement à partir de cas conversationnel : application à la gestion des pannes de machines industrielles*, Thèse de Doctorat, Génie des Systèmes Industriels, 2009, RP2E, Nancy Université, Institut National Polytechnique de Lorraine.

[Arnould & al 2008] : Arnould Ph, Renaud J., *Guide de la gestion industrielle. Principes, méthodes & outils,* Editions Afnor, 2008.

[Auboyer 2009] : Auboyer A., *Contribution à l'évolution du Retour d'Expérience en tunnel routier pour améliorer la compréhension du comportement humain (usager et exploitant)*, thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2009.

[Aubry 2007] : Aubry S, Thouvenin I, Lenne D, Okawa S. *Knowledge integration for annotating in virtual environments*. International Journal of Product Development, Inderscience, 2007, eds, 4 (6), 533-546.

[Authier 1992] : Authier M, & Lévy P., *Les arbres de connaissances*, 1992, Editions la découverte.

[Bacha, 2002] : Bacha R., *De la gestion des données techniques pour l'ingénierie de production. Référentiel du domaine et cadre méthodologique pour l'ingénierie des systèmes d'information techniques en entreprise*, Thèse de doctorat, Ecole Centrale Paris, 2002.

[Baczowski & al 2008] : Baczowski M, Rose B, et Robin V., *Capitalisation des connaissances et aide décisionnelle eb phase d'industrialisation, le cas Sony Alsace,* Logistique et Conception Produit/Process, 2008.

[Beler 2008] : Beler C*, Modélisation générique d'un Retour d'Expérience cognitif - Application à la prévention des risques,* thèse de Doctorat, Université de Toulouse, INPT, Systèmes Industriels, 2008.

[Barthelme-Trapp & al 2001] : Barthelme-Trapp F, Vincent B., *Analyse comparée de méthodes de gestion des connaissances pour une approche managériale*: XIe Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, 2001 Quebec.

[Bekthi & al 2004] : Bekthi S, Matta N., *Traçabilité et mémorisation des connaissances au fil de l'eau en mémoire de projet*, Gestion dynamique des connaissances industrielles / auteur du livre Eynard Benoit (& al) Lavoisier, 2004.

[Belkadi & al 2008] : Belkadi F, Troussier N, Huet F, Gidel T, Bonjour E, Eynard B., *PLM-based approach for collaborative design between OEM and suppliers: case study of aeronautic industry, Computer-Aided Innovation*, Cascini (Ed.) (2008) 157-168 (vol. 277) DOI : 10.1007/978-0-387-09697-1 13.

[Ben Khedher 2010] : Ben Khedher A, Henry S, Bouras A., *An analysis of the interaction among design, industrialization and production*, PLM'10, International Conference on Product Lifecycle Management, 2010.

[Bergmann 2002] : Bergmann R., *Experience Management*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.

[Bernard & al 2009] : Bernard A, Laroche F, Da-Cunha C., *Models and Methods for knowledge formalisation in a PLM context,* 3rd International Congress Design and Modelling of Mechanical System CMSM'2009, Hammamet, Tunisia, 2009.

[Bertin & al 2010] : Bertin A, Clermont Ph, Noyes D, Sanchez P., *Lessons learned system integration into a PLM tool*, 7th international conference on Product Lifecycle Management, PLM'10, IFIP, BIBA & University of Bremen, 12-14 July 2010, Bremen, Germany.

[Bertin & al 2011a] : Bertin A, Clermont Ph, Noyes D., *Analyse de pratiques liées au Retour d'Expérience et proposition d'amélioration*, MISC'11 Conférence Méditerranéenne sur l'ingénierie sûre des systèmes complexes; ENSA d'Agadir, 27-28 mai 2011 Agadir, Maroc.

[Bertin & al 2011b] : Bertin A, Clermont Ph, Noyes D, Sanchez P., *Aide au déploiement du Retour d'Expérience en entreprise via l'exploitation d'un PLM*, 9e Congrès International Génie Industriel (CIGI 11), École Polytechnique de Montréal, 12, 13, 14 octobre, Saint-Sauveur, Québec, CANADA.

[Bertin & al 2012a] : Bertin A, Noyes D, Clermont Ph., *Problem Solving Method as Lesson Learned System instrumentation into a PLM tool*, INCOM 12, 14th Symposium IFAC, problèmes de contrôle de l'information en industrie, 23-25 mai 2012, Bucarest, Roumanie.

[Bertin & al 2012b] : Bertin A, Clermont Ph, Noyes D., *Proposition d'amélioration d'un système de Retour d'Expérience*, MOSIM 2012, 9e Conférence Internationale sur la MOdélisation et la SIMulation , 6, 7, 8 juin, Bordeaux.

[Bevezin 2004] : Bevezin J., S*ur les principes de base de l'ingénierie des modèles*, Revue des Sciences et Technologies de l'Information, Hermes-Lavoisier, 2004.

[Bickford 2000] : Bickford J., *Sharing lessons learned in the Department of Energy*, AAAI-00 Intelligent Lessons Learned Systems Workshop, Austin, Texas, USA, 31 july 2000.

[Bigand & al 2004] : Bigand M, Bourey J-P, Longueville B, Mekhilef M., *Intégration des connaissances pour assurer la mémoire de projet,* Gestion dynamique des connaissances / auteur du livre EYNARD Benoît, Paris : Hermès, Science 2004.

[Bissay 2010] : Bissay A., D*u déploiement d'un système PLM vers une intégration des connaissances*, Thèse de doctorat du LIESP, Lyon, 2010 .

[Bodein 2012] : Bodein Y, Rose B, Caillaud E., *Decisional Model for KBE Implementation in a Commercial CAD Software Computer-Aided Design & Applications*, 9(2), 2012, 121-131, © 2012 CAD Solutions, LLC, http://www.cadanda.com.

[Bokinge & al 2012] : Bokinge M, Malmqvist J., *PLM implementation guidelines – Relevance and application in practice: a discussion of findings from a retrospective case study,* International Journal of Product Lifecycle Management, Volume 6, Number 1, 2012.

[BPMN, 2012] *Introduction to BPMN,* http://www.bpmn.org/

[BPMN 2011] : *Bunsiness Process Model and Notation (BPMN)* version 2.0 – OMG Document Number formal /2011-01-03, http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0

[Branet 1996] : Branet C., *Intégration du Retour d'Expérience non-statistique dans le Processus de Conception*, 10e Colloque National de Fiabilité et Maintenabilité, Saint Malo, 1996.

[Bron & al 2007] : Bron J-Y, Salzemann B, Nartz O., *De la modélisation des processus à la mise en œuvre d'un Workflow- Application à l'instrumentation d'un système qualité* certifié, CPI'2007, Rabat, Maroc

[CIGREF 2000] : CIGREF., *Défis, enjeux et conduite de projet,* Gérer les connaissances, 2000.

[CIMData Inc 2012] : CIMdata Inc cPDm, *The Key to Harnessing Innovation in an E-Business World*, 2012, http://www.cimdata.com/plm/definition_cpdm.html.

[CIMdata 2002] : CIMdata, Inc., *Product Lifecycle Management – Empowering the Future of Business*, 2002, http://www.cimdata.com.

[Chardonnet & al 2003] Chardonnet A, Thibaudon D., *Le guide du PDCA de Deming: Progrès continu et management*. Editions d'Organisation, Paris, 2003. ISBN : 2-7081-2839-6

[Chauvel 2006] : Chauvel A M., *Méthodes et outils pour résoudre un problème*, Paris, 2006, Dunod.

[Chebel-Morello 2008] : Chebel-Morello B., *Enjeux et processus du Retour d'Expérience*, Retour et Capitalisation d'Expérience, AFNOR, 2008.

[Clermont 2007] : Clermont P, Beler C, Rakoto H, Desforges X & Geneste L., *Capitalisation et Exploitation du Retour d'Expérience : un Raisonnement à Partir de Cas étendu aux Systèmes sociotechniques*. Raisonnement à Partir de Cas 1 : conception et configuration de produits, p249-277 Ed. Hermès, ISBN : 2-7462-1549-7, 2007.

[Clermont & al 2005] : Clermont P, Rakoto H et Geneste L., *Instanciation d'un système de Retour d'Expérience pour un processus de maintenance,* 6e Congrès international de génie industriel., Besançon (Fr), 2005.

[Corbel 1997] : Corbel J.C., *Méthodologie de Retour d'Expérience : démarche MEREX de Renault.* Dans Fouet J.M. (coord.), Connaissances et savoir-faire en entreprise, Hermès, 1997, pp. 93-110.

[Courabi 2009] : Chourabi O., *Un cadre ontologique générique de modélisation, de capitalisation et de partage de Connaissances Métiers Situées en Ingénierie Système*, thèse de Doctorat, CAM-Paris/ ENSI Manouba, 2009.

[CMII 2010] : CMII Research Institute *CMII Standard for Enterprise Configuration Management*, CMII-100E. Poenix, AZ USA: © CMII Research Institute, 2010.

[CMII 2012] : CMII Research Institute, *The CMII Model - CMII 500: The Path to Integrated Process Excellence. Strategic Business Plan, Core Business Processes*, Operating Standards & Tool Requirements, CMII Tenets, Templates and Examples, 2012.

[Cuneo 2003] : Cuneo A., *Le maître de Garamond*, Stock, 2003.

[Debaecker 2004] : Debaecker D., P*LM La gestion collaborative du cycle de vie des produits*, Product Life-cycle Mannagement, Hermès-Lavoisier, 2004.

[Debaecker 2004] : Debaecker D., PLM - *La gestion collaborative du cycle de vie des produits*, Hermes-Lavoisier Science, 2004, [ECONOMIST] : Fore-sight 2020, Economist Intelligence Survey.

[Dechy et al. 2008] : Dechy N, Dien Y & Llory M., *Les échecs du Retour d'expérience : problématiques de la formalisation*. 16e Congrès de Maitrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, 2008.

[Delahaye 1996] : Delahaye P., REX-FIAB : *un système de Retour d'Expérience sur la fiabilité d'équipements*, 10e Colloque Nationale de Fiabilité et de Maintenabilité., Saint Malo, 1996.

[Dieng- Kuntz & al 2004] : Dieng-Kuntz R, Corby, O; Gandon, F; Golebiowska J., *Ontologies pour la construction d'un web sémantique d'entreprise,* Gestion dynamique des connaissances industrielles / auteur du livre Eynard Benoit. Lavoisier, 2004.

[Duribreux & al 2000] : Duribreux M, Caulier P, Houriez B., *Application industrielle d'une approche mixte de modélisation des connaissances,* Ingenierie des connaissances, évolution récentes et nouveaux défis / auteur du livre CHARLET J, Paris, France : Eyrolles et France Télecom R&D, 2000.

[Dutta 2005] : Dutta, D., *Sustaining product innovation thru PLM*, International Seminar on Product Lifecycle Management, 18-19 mars 2005, Noida, India.

[Edvinsson &al 1999] : Edvinsson Leif, MALONE Michael., *Le capital immatériel de l'entreprise,* New York, MAXIMA, 1999.

[EIF 2004] : EIF : *European interoperability framework*, White paper, Pages 140, 2004.

[El Kadiri 2009] : El Kadiri S., *Management des processus collaboratifs dans les systèmes PLM*, thèse de Doctorat, Université Lumière, Lyon 2, 2009.

[El Mahmedi & al 1997.] El Mahmedi A., *Modélisation des activités et des processus des systèmes de production: une approche multidisciplinaires,* RAIRO-APII-JESA, Journal européen des systèmes automatisés, 1997, p. 31.

[Ermine & al 1996] : Ermine JL, Chaillot M, Bigeaon P, Chapreton B, Malavieille D., *MKSM Méthode pour la gestion des connaissances*, Rapport technique, CEA 1996.

[Ermine 2000] : Ermine JL., *Les systèmes de connaissance*. – Paris, Hermès, Sciences, 2000.

[Ermine 2008] : Ermine, JL.., *Management et ingénierie des connaissances*, Paris, Hermès, 2008.

[Etienne 2012] : Etienne JC & Kert Ch., *Les leçons à tirer de l'éruption du volcan Eyjafjöll*, rapport du Sénat, octobre 2012

[Eynard 2004] : Eynard B., Lombard M, Matta N; Renaud J., *Gestion dynamique des connaissances industrielles*, Paris, Lavoisier, Hermes Science, 2004.

[Eynard 2005] : Eynard B., *Gestion du cycle de vie des produits et dynamique des connaissances industrielles en conception integrée,* Habilitation à Diriger des Recherches., Compiègne 2005.

[Eynard & al 2003] : Eynard B, Matta N, Renaud J., *Cartographie des recherches en gestion des connaissances industrielles au sein du groupe DYXIT*, 5ème Congrès de Génie Industriel, GI'03 Québec, Canada,, 26-29 Octobre 2003.

[Fathallah & al 2012] : Abir Fathallah, Julie Stal-Le Cardinal, Jean-Louis Ermine, Jean-Claude Bocquet., *Continuous Improvement Modeling to Support Enterprise Transformation, Journal of Enterprise Transformation*, Volume 2, Issue 3, 2012, pages 177-200, Version of record first published: 20 Aug 2012.

[Fathallah & al 2008] : Fathallah A, Stal Le Cardinal J, Ermine J-L, Bocquet J-C.,. *Enterprise Modelling: Building a Product Lifecycle (PLM) Model as a component of the integrated vision of the enterprise*. Research in Interactive Design, Springer Verlag, 2009, vol. 3. Copyright of IDMME Virtual concept: The International Conference on Integrated, Virtual and Interactive Engineering for fostering Industrial Innovation, Beijing, China (2008).

[Favre et al. 2008] : Favre C, Bentayeb F & Boussaid O., *Evolution de modèles dans les entrepôts de données : existant et perspectives*, Retour et capitalisation d'expérience – Outils et démarche. AFNOR. 2008.

[Faure 2000] : Faure A. et Bisson G., *Gérer les retours d'expérience pour maintenir une mémoire métier, étude chez PSA Peugeot Citroën, journées francophones d'ingénierie des connaissances*, CE'2000.

[Ferchaud 2001] : Ferchaud B., *De la gestion de l'information à la gestion des connaissances*, Documentaliste-Sciences de l'Information, 2001/1 Vol. 38, p. 43-45

[FONCSI 2008] : FONCSI, *Equipes du programme de recherche REX, Facteurs socio-culturels du REX: sept études de terrain*, numéro : 2008-05 (Rapport de recherche, 180 pages), Les Cahiers de la Sécurité Industrielle

[Ford 1989] : Ford., *Team-Oriented Problem* - Solving Process. Germany: Ford Motor Company, 1989.

[Fortineau & al 2011] : Fortineau V, Paviot T, Lamouri S., *Federative approach of interoperability at the design / manufacturing interface using ontologies*, ifip 2011- Doctoral Spring Workshop Product and Asset Lifecycle Management (DSW-PALM), IFIP WG 5.7 -IFAC T, Rosières : France (2011).

[Gaillard 2008] : Gaillard I., *Analyse bibliographique des facteurs socio-culturels de réussite du Retour d'Expérience*, numéro : 2008-01 (Rapport de recherche, 55 pages), Les Cahiers de la Sécurité Industrielle.

[Gaku 2007] : Gaku Ishii., *A Study of Knowledge Succession in Engineering Process Management.* PICMET 2007 Proceedings, 5-9 August, Portland, Oregon, USA © PICMET.

[Gardoni 1999] : Gardoni M., *Maitrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en Ingénierie Intégrée*, Cas d'étude Aerospatial, Thèse de l'Université de Metz, Metz, 1999.

[Gauthey 2008] : Gauthey O. *Le Retour d'Expérience. Etat des pratiques industrielles*. CSI Les Cahiers de la Sécurité Industrielle, numéro : 2008-02, 2008.

[Gélinier 1990] : Gélinier O., *Stratégies de l'entreprise et motivation des hommes*, éd. d'Organisation, 1990.

[Georgalas & al 2009] : Georgalas N, Achilleos A (BT), Freskos V, Economou D., *Agile product lifecycle management for service delivery frameworks: history, architecture and tools,* BT Technology Journal • Vol 26 No 2 • April 65, 2009.

[Guo Jian 2004] : Guo J-F, Qiao L-H., *Modeling of product development process with graphical evaluation and review technique*, Sch. of Mechanical Eng. & Automation, Beijing Univ. of Aero. and Astro., Beijing100083, China;Computer Integrated Manufacturing Systems; 2004-07.

[Gray & al 2011] : Gray CF & Larson EW., Project Management: The Managerial, International Edition, 2011

[Gruber 1993] : Gruber T., Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. International Journal of Human Computer Studies, pages 907 928, 1993.

[Grundstein 2004] : Grundstein M & Rosenthal-Sabroux C., *Une aide à la décision pour le repérage des connaissances potentiellement cruciales dans un projet de conception : application du cadre directeur GAMETH®*. In Eynard B, Lombard M, Matta N, Renaud J., (Eds), Gestion dynamique des connaissances industrielles (Chapitre 4, pp.81-106), 2004Paris: Hermès-Lavoisier.

[Grundstein 2000] : Grundstein M., *From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management*, In Morey D, Maybury M, & Thuraisingham B., (Eds), Knowledge Management, Classic and Contemporary Works (chapter 12, pp. 261-287), Cambridge, 2000, Massachusetts: The MIT Press.

[Gomes & al 2005] : Gomes S, Serrafero P, Monticolo D, Eynard B., *Extracting engineering knowledge from PLM systems : An experimental approach,* PLM'05. International Conference on Product Lifecycle Management Emerging solutions and challenges for Global Networked Enterprise, Lyon, France, 2005.

[Gomez-Perez & al 2004] : Gomez-Perez A, Fernandez-Lopez M, Corcho O., *Ontological Engineering, with some examples from the areas of Knowledge management,* e-commerce and the Semantic Web. – London, 2004 : Springer Verlag,, ISBN 1852335513.

[Hervy & al 2012] : Hervy B Laroche F, Bernard A., *An information system for driving the future plm for museum: the DHRM, Digital Heritage Reference Model*, ASME 2012 11th Biennial Conference On Engineering Systems Design And Analysis, ESDA 2012, Nantes : France (2012).

[Hosotani 1997] : Hosostani K., *Le guide résolution de problème. Le secret de l'efficacité japonaise*., 1997. Edition Dunod.

[Horváth & al 2009] : Horváth L, Szabó G, Rudas I J., *Changed Demand for Knowledge at Enhanced Product Definition in PLM Systems ISCII* • 4th International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics • 21–25 October 2009 Egypt.

[Horváth 2007] : Horváth L, Rudas I J, 2007. *New approach to wknowledge intensive product modeling in PLM systems*, IEEE 2007 1- 4244-0991-8/07.

[Hu & al 2006] : Hu G, Wang Y, Bidanda B., *Process oriented framework to support PLM implementation,* Industrial Engineering Research Conference (IERC'06, May 20624, Orlando Floride, 2006.

[IBM 2007] : IBM, *Empowering product lifecycle management with service oriented architecture*, IBM Product Lifecycle Management, 2007.

[IMdR 2012] : IMdR Institut pour la Maitrise des Risques., http://www.imdr.fr/modules/tpl_info.php?id=30.

[ISO 2005] : ISO NF EN ISO 9000., *Système de management de la qualité - Principes essentiels et vocobulaire*,, AFNOR, octobre 2005.

[Jabrouni 2012] : Jabrouni H., *Exploitation des connaissances issues des processus de Retour d'Expérience industriels*, thèse de Doctorat, Doctorat de l'Université de Toulouse, 2012.

[Jabrouni & al 2011] : Jaboruni H, Kamsu-Foguem B, Geneste L, Vaysse C.. *Continuous improvement through knowledge-guided analysis in experience feedback. Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Elsevier. IFAC, Article in Press, 2011 www.elsevier.com/locate/engappai.

[Jabrouni et al. 2009] : Jabrouni H, Kamsu B, & Geneste L., *Exploitation of knowledge extracted from Industrial Feedback Processes*. Software Knowlege Infomation Management and Application, 2009

[Jaulent 1992] : Jaulent P, *Génie logiciel les méthodes : SADT, SA, E-A, SA-RT*…., Paris, France : Armand Colin, 1992.

[Kaplan & al 1996] : Kaplan RS, Norton DP., *Using balanced scorecard as astrategic management system,* 1996, Harvard Business Review, 75-85.

[Kamsu et al. 2008] : Kamsu Foguem B, Coudert T, Béler C & Geneste L., *Knowledge Formalization in Experience Feedback Processes: An Ontology-Based Approach*. Computers in Industry, 59(7), pp. 694-710, 2008.

[Kepner & al 1980] : Kepner C.H., Tregoe B.B., *The new rational manager*, Princeton Research Press, 1981.

[Kesavadas & al 2005] : Kesavadas P., Bandi K., Kesavadas T, *Development of formal ontology for product design lifecycle*, PLM'05. International Conference on Product Lifecycle Management Emerging solutions and challenges for Global Networked Enterprise, Lyon, France, 2005.

[Labrousse & al 2004] : Labrousse M, Perry N, Bernard A., *Modèle FBS-PPR: des objets d'entreprise à la gestion dynamique des connaissances industrielles*, Paris : Lavoisier,, Hermès Science, 2004., 2-7462-0952-7.

[Labrousse & al 2004] : Labrousse, M, Bernard A, Veron P, *Process/Product/Resource integration, in Tools and Methods of Competitive Engineering,* Edited by Imre Horwvath, Paul Xirouchakis, Volume1, pp. 384-394, Millpress Rotterdam Netherlands, 2004, ISBN 90-5966- 018-8.,

[Lagouin 2010] : Lagouin Z., *Etat de l'art du Retour d'Expérience,* Master Recherche EEAS. – ENIT.INPT, 2010.

[Lamouri 2006] : Lamouri S., Synchronisation de prises de décisions dans une chaine logistique : robustesse et stabilité: Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches / Ecole Doctorale d'Informatique et Electronique de Paris., Paris.

[Larousse 2012] : Le Petit Larousse illustré, 2012

[Le Duigou & al 2012] : Le Duigou J, Bernard, A, Perry N, Delplace J-C., *Generic PLM system for SMEs: Application to an equipment manufacturer.* International Journal of Product Lifecycle Management (IJPLM) (2012) http://www.inderscience.com/

[Le Duigou 2010] : Le Duigou J., *Cadre de modélisation pour les systèmes PLM en entreprise étendu. Application aux PME mécaniciennes*, thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes, 2010.

[Leroy 2001] : Leroy P., *Utilisation du Retour d'Expérience pour l'utilisation de la maintenance, Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain,* Collection de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement, Paris, 2 janvier 2001.

[Maret 1997] : Maret P, Pinon J-M., *Ingénierie des savoir-faire*. Compétences individuelles et mémoire collective: Hermès, 1997, Lavoisier.

[Mbaye 2009] : Mbaye S., *Mieux connaître les processus sociocognitifs et culturels à l'oeuvre dans l'explication des dysfonctionnements passés pour améliorer le Retour d'Expérience*, thèse de Doctorat ; Université Pierre Mendès France, Grenoble, 2009.

[Mbaye 2010] : Mbaye S., *Analyse comparée des pratiques de REX entre l'industrie chimique et l'industrie nucléaire*, numéro : 2010-05 (Rapport de recherche, 42 pages), Les Cahiers de la Sécurité Industrielle.

[Messaadia 2008] : Messaadia M., *Ingénierie système et système de production manufacturière : intégration de l'évolution des exigences dans le PLM*, thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2008.

[Merminod & al 2008] : Merminod V, Blanco E, 2008. *PLM opportunities and weaknesses to support collaborative engineering,* International Product Development Management Conference, Hamburg: Germany.

[Mostefai 2007] : Mostefai S., *De la modélisation produit dans les technologies XAO au PLM: une contribution à l'intégration des applications d'ingénierie dans un cadre de gestion du cycle de vie produit*, Thèse de Doctorat d'état en Informatique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Université Mentouri de Constantine, Département d'Informatique, 2007.

[Muller & al 2009] : Muller E, Pellerin R, Margni M, Becaert V*, Potential of use of PLM and ERP as environmental data sources for LCA: a prospective literature review*, IESM'2009, International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, 2009.

[Nguyen Van 2006] : Nguyen Van T., *System engineering for collaborative data management systems: Application to design/simulation loops*, PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2006.

[Nova N, 2000] : Nova N., *Liens entre l'apprentissage à partir d'exemples et le raisonnement à partir de cas - Apports aux environnements informatiques d'apprentissage humain*, 2000 : Rapport Interne du LISI.

[Nonaka & al 1995] : Nonaka I, & Takeuchi H., *The Knowledge-creating company*. New York, Oxford University Press, 1995.

[OCDE2006] : OCDE *L'utilisation du Retour d'Expérience: défis pour les autorités de sûreté nucléaire :* Réglementations nucléaires, 2006.

[Offord 2011] : Offord P., *RPR. A Problem Diagnosis method for IT Professionals*, Ouvrage, Editor, Lulu.com, n° ISBN :1447844432.

[Oree, 2012] : Le programme OREE : O*pération Régionale pour l'Entreprise Etendue*. http://www.ene.fr/experimenter/programme-oree.html

[Ouertani & al 2011] Ouertani M.Z., Baïna S., Gzara L., Morel G., 2011 *Traceability and management of dispersed product knowledge during design and manufacturing*. Computer-Aided Design 43. 546–562. Elsevier.

[Paviot 2010] : Paviot T., M*éthodologie de résolution des problèmes d'interopérabilité dans le domaine du Product Lifecycle Management*, thèse de Doctorat, Ecole Centrale Paris, 2010.

[Pecaud 2004] : Pecaud D., *Retour d'expérience lié à l'activité industrielle, MAR III 80-60, Maîtrise des Risques*, Bibliothèque Virtuelle Documents et Normes, AFNOR BVI, juin 2004.

[Pernelle 2006] : Pernelle P & Lefebvre A., *Modélisation intégrée et pérennisation des connaissances dans une approche PLM*, 2006.

[PTC University 2008] : PTC University., *Administration de Windchill® PDMLink 9.0/9.1*, Training guide, T 2139-090-02-FR-SG, 2008, Parametric Technology Corporation

[Rakoto 2004] : Rakoto H., *Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels - Application à Alstom Transport* : Thèse de doctorat. 2004, Toulouse : Institut National Polytechnique de Toulouse.

[Raufaste & al 1999] : Raufaste , Hilton D-J. *Les mécanismes de la décision face au risque*. Revue Risques n° 39, septembre 1999].

[Renaud 2008.] : Renaud J., *Retour et capitalisation d'expérience* - Outils et démarches, La Plaine Saint Denis : AFNOR, 2008.

[Ross 1977] : Ross D.T., *Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas*. IEEE Transactions on Software Engineering, 1977, Vol. SE-3, No. 1, pp. 16-34, January.

[Savall 1995] : Savall H, Zardet V., *Ingénierie Stratégique du Roseau*, Economica, 1995.

[Schank 1982] : Schank R.C., *Dynamic Memory*., Cambridge, Cambrige University, 1982 Press.

[Schuh & al 2008] : Schuh G, Rozenfeld H, Assmus D, Zancul E, *Process oriented framework to support PLM implementation*. Computers in Industry 59 (2008) 210–218, Elsevier.

[Sounier, S. 2000] : Sounier S., *Implementation of a Lessons learned system in design department*, Research Master on industrial systems Memory, INP Toulouse, 2000.

[Srinivasan 2011]. Vijay Srinivasan V., *An integration framework for product lifecycle management*, Computer-Aided Design 43 (2011) pp. 464–478, Elsevier.

[Systemes-information.fr 2011]. *Le système d'information, Gouvernance et management des systèmes d'information.*

[Terzi 2005] : Terzi Sergio., E*lements of Product Lifecycle Management: definition, Open Issues and Reference Models*, PhD, Université Henri Poincaré, Nancy, France & Ricerca in Ingegneria Gestionale Politecnico di Milano, Italia, 2005.

[Thevenot 1997] : Thevenot D., *Le partage des connaissances*, Editeur Technique et documentation, Paris, 1997

[Vance 1997] : Vance David M., *Information, Knowledge and Wisdom: The Epistemic Hierarchy and Computer-Based Information System*, Proceedings of the 1997 America's Conference on Information Systems

[Verot 2001] : Verot Y., *Retour d'Expérience dans les industries de procédé, Techniques de l'Ingénieur*, AG 4 610, juillet 2001.

[Wegner 1996] : Wegner P., *Interoperability*. ACM Computing Survey, pages 258-287, 1996.

[Weilkiens 2008] : Weilkiens Tim., *System Engineering with SysML/UML : Modeling Analysis Design* ouvrage aux editions Morgan Kaufmann, Collection : The MK/OMG Press, 2 avril 2008, ISBN-10: 0123742749 / ISBN-13: 978-0123742742.

[Wybo & al 2003] : Wybo J.L., Godfrin V., Colardelle C., Guinet V. et Denis-Remis C., *Méthodologie de Retour d'Expérience des actions de gestion des risques*, Ecole des Mines de Paris, Pôle Cindyniques, 2003.

[Wybo & al 2005] : Wybo J.L., Ducloy J. et Roche J.P., *Vers une culture de maîtrise des risques au sein des aéroports de Paris. Une méthode fondée sur l'appropriation,* Préventive sécurité.

[Wybo & al 2009] : Wybo J.C et Van Wassenhove W., *Retour d'expérience et maîtrise des risques - Pratiques et méthodes de mise en œuvre, collection Sciences du risque et du danger*, édition Lavoisier, 2009 ISBN 2-7430-1209-9.

[Young & al 2007] : Young R.I.M, Gunendran A.G., Cutting-Decelle A.F. & Gruninger, M., *Manufacturing knowledge sharing in PLM: a progression towards the use of heavy weight ontologies*, International Journal of Production Research, 45 (7) 1505-1519, 2007.

[Zacklad & al 2001] : Zacklad M, Grundstein M., *Ingénierie et capitalisation des connaissances*. Traité IC2., Paris : Hermès Sciences Publication, 2001.

Annexes

aux différents chapitres

ANNEXE I

Les modèles processus

La vision processus répond à la problématique d'organisation du travail pour partager efficacement les tâches, en collaboration avec toutes les entités / départements de l'entreprise. Alors que jusque dans les années 90, les processus étaient majoritairement cloisonnés à la technique, la tendance des années 2000 est le management par processus transverses. Cette vision de la gestion des activités prône une autonomie des entités structurelles et hiérarchiques dans la réalisation des tâches pour atteindre l'objectif considéré.

Nous représentons sur le schéma de la Figure A1.1 le système de management qui consiste à disposer d'un ensemble de processus liés, interactifs, cohérents pour répondre aux besoins de :

. d'augmentation de la satisfaction client (il est au cœur du fonctionnement de l'entreprise),

. de cohérence des objectifs entre les services pour une efficacité globale (mesure des performances),

. d'utilisation optimale des ressources,

. de réduction des coûts et des délais de production et de développement.

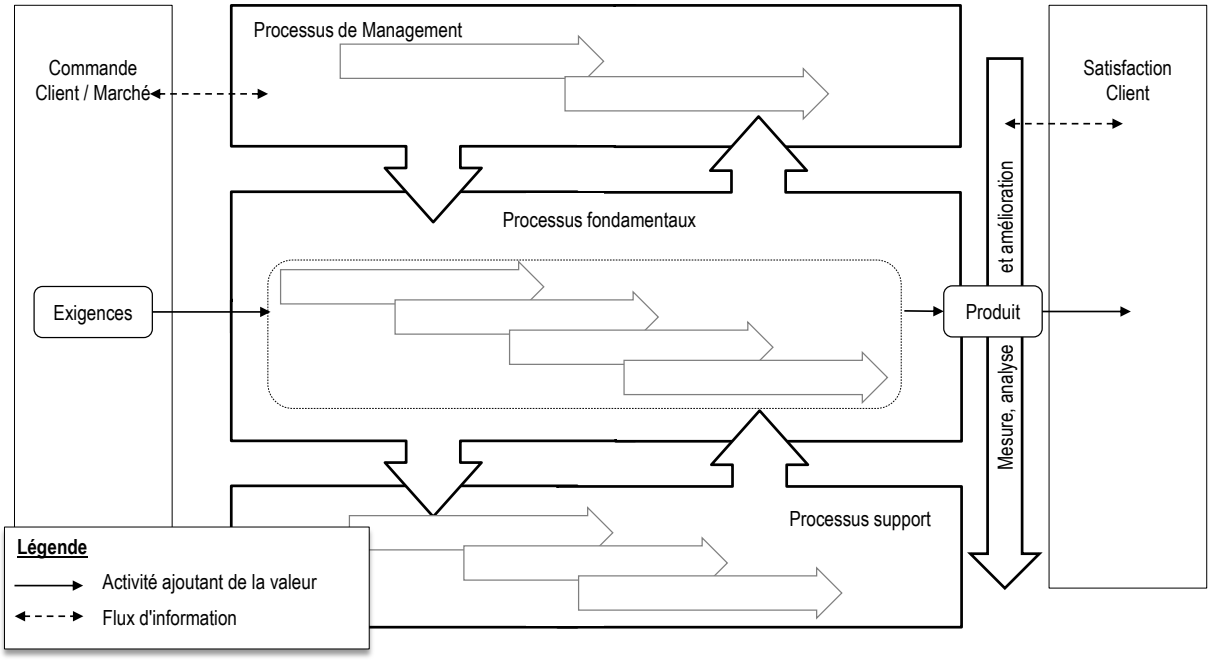


Figure A1.1 - Approche processus, inspirée de [ISO 9000 2005]

Le modèle ne présente pas les processus détaillés car chaque entreprise est libre d'adopter et de décliner les processus fondamentaux, de support, de management et de mesure et analyse selon le niveau de granularité recherché dans le contexte concerné. Surtout qu'en fonction de l'activité, chacun de ces processus pourra se traduire par des activités singulières.

L'activité de l'entreprise est donc pilotée par les commandes client et par le marché pour répondre à l'objectif majeur de satisfaction du client via l'orchestration de l'ensemble de ses processus. L'identification et la réingénierie des processus, leur répartition entre les départements et leur coordination permet d'améliorer l'efficacité de l'entreprise

I- Les processus métier

a) Définition

Toute activité ou ensemble d'activités qui utilise des ressources pour convertir des éléments d'entrée en éléments de sortie peut être considéré comme un processus [NF EN ISO 9000 2005]. Cette définition générale peut être contextualisée au domaine de l'entreprise industrielle par les définitions d'El Mahmdi : "un processus est une combinaison d'activités mobilisant des savoir-faire multiples, se déroulant dans le *temps* et étant finalisée par un *objectif*" [El Mahmedi & al. 1997].

D'un point de vue *processus métier*, la définition est complétée par les remarques de [Morley & al. 2005] appuyant le fait que le déroulement d'un processus utilise des *ressources* et peut être conditionné par des *évènements* d'origine interne ou externe. L'agencement des activités correspond à la *structure* du processus.

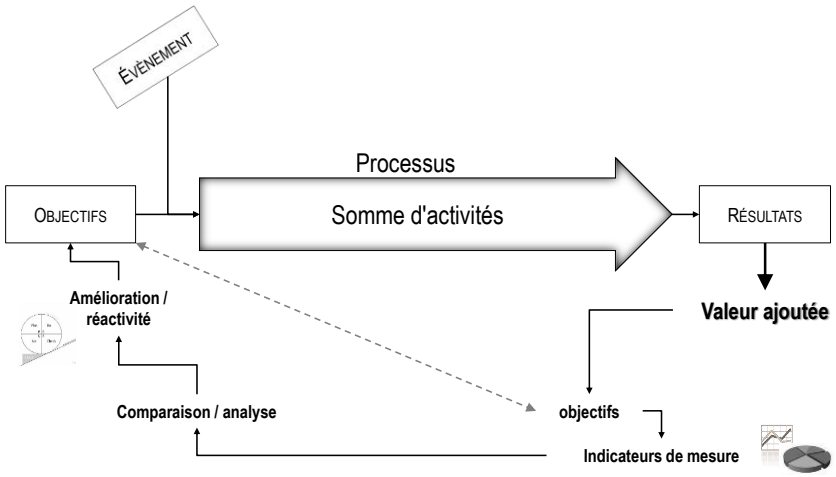


Figure Ai. 2 - Description de processus

Dans les définitions de processus présentées, nous notons l'importance des notions *activité* (comprenant l'intervention des ressources, des acteurs....), *objectif* et *évènement*.

Le concept d'objectif exprime une mission à accomplir. Celle-ci peut être à caractère stratégique ou opérationnel mais restera toujours en relation, directe ou indirecte, avec la satisfaction du client. Les objectifs doivent être mesurables et qualifiables pour que l'on puisse les suivre selon des indicateurs de performance.

Le concept d'évènement correspond à un fait, ce qui se produit et qui déclenche une activité. Il peut être de trois catégories :

. temporel : en rapport avec le temps et des mesures de temps, souvent arrivée à une échéance,

. interne : fait ou décision réalisée par un acteur interne à l'entreprise,

. externe : fait ou choix provenant de l'extérieur de l'organisation.

Au sein d'un processus, nous retrouvons une corrélation de l'ensemble des éléments sources de connaissances. Les processus représentent un support structuré de connaissances, utile pour l'application d'un système de gestion des connaissances.

b) Catégorisation des processus

La norme ISO 9000-2005 classifie les processus selon quatre catégories :

Les *processus de management* : liés à la stratégie, la maitrise de l'organisation, la gestion des compétences collectives et individuelles et la maitrise des risques pour assurer la direction

Les *processus fondamentaux* : liés à l'élaboration du produit, ils concernent les activités de réalisation et de production du bien manufacturier. Ce sont les processus relatifs au cœur de l'entreprise car ils visent directement la satisfaction des clients.

Les *processus support* : liés aux ressources matérielles informations et humaines pour apporter une consolidation aux autres processus. Ils sont requis pour la mise à disposition des moyens nécessaires au bon déroulement des activités.

Les *processus de mesure, d'analyse et d'amélioration* : liés au recueil des indicateurs de mesure et des comparaisons et analyses des résultats relatifs aux objectifs. Ils sont nécessaires pour l'auto-évaluation des activités, la réactivité et l'étude des voies d'amélioration.

La corrélation des processus entre eux provoque souvent des liens entre les processus impliquant que les données d'entrée de certains sont les données de sortie d'un précédent dans la chaine de réalisation.

Nous proposons d'employer les processus *métier* comme environnement de travail. En corrélation avec les missions de l'entreprise et le cycle de vie du produit, ces processus manipulent et agissent sur les informations "cruciales" et "fondamentales" de l'entreprise.

II- Modélisation des processus

La modélisation représente graphiquement la structure, le fonctionnement et les éléments intervenant dans les processus. Cet outil permet de partager un modèle selon un langage commun adapté aux besoins via un choix de vue, de niveau de détail et d'abstraction.

Il existe plusieurs catégories de modèles employés dans les organisations dont la finalité varie selon l'objectif :

. fonctionnement qualité pour cartographier le système qualité : l'approche processus qualité,

. fonctionnement informatique pour formaliser les paramétrages logiciels à implémenter et mettre à jour,

. fonctionnement organisation pour gérer le référentiel de données et produits de l'entreprise.

Le modèle peut être considéré comme un outil de travail ou de communication uniquement. Dans [Tudor 2006], l'auteur propose trois catégories complémentaires :

. description des processus : représentation graphique vouée à la documentation et à la communication,

. analyse des processus : optimisation, simulation, gestion des évolutions vouées à l'amélioration des performances des processus métier,

. gestion des processus : déploiement, intégration, exécution, synchronisation voués à établir les règles informatiques de gestion technique des processus outillés.

La recherche tend à uniformiser les méthodes de modélisation pour les adapter aux trois catégories de modélisation mais les disparités de finalité entre l'analyse et la gestion des processus sont difficilement appréhendables selon une unique méthode.

Dans le cadre de ce mémoire, nous présentons la modélisation BPMN (Business Process Modeling Notation), outils initialement d'analyse des processus dont l'envergure du langage lui permet de "toucher" aux activités d'implémentation et de gestion des processus par les équipes en entreprise.

a) BPMN

La vocation du BPMN est de fournir une notation graphique assimilable et compréhensible pour tous les utilisateurs métiers, depuis l'analyste qui créé les ébauches initiales de conception au équipes techniques de développement en charge de les implémenter jusqu'aux acteurs métier qui les gèrent et les contrôlent (OMG 11).

Le BPMN est un langage simple dont l'envergure d'application et de destination est large. Cette approche appelée "top – down" concerne un unique diagramme représentant les processus. Depuis le plus haut niveau d'abstraction, on établie une hiérarchie de sous-processus jusqu'au niveau de détails recherché représnetant en général les tâches élémentaires.

BPMN supporte :

. des diagrammes *d'activité* qui induisent la description du process i.e. la structure des activités et les interactions des données, des ressources, des contraintes ...

. des diagrammes de collaboration qui incluent les flux de messages fomels et de groupes dans et entre les divers processus.

. des diagrammes de conversation qui incluent les groupes et les liens de conversation. Ils répondent à un usage particulier de représentation de la collaboration informelle entre les entités.

L'approche du BPMN est d'organiser l'aspect graphique des notations en catégories spécifiques que l'utilisateur puisse reconnaître facilement les principaux types d'éléments lui permettant de comprendre le diagramme.

Les objets de flux, principaux éléments graphiques définissant le comportement d'un processus métier composés des *activités*, des *évènements* et des *passerelles*.

L'activité est la description du travail effectué dans le processus. Elles sont atomiques ou non-atomiques (composées), et se déclinent en tâche indivisibles exécutables. Par le principe hiérarchique, les sous-processus issus des processus parents héritent des attributs et sont représentés par le symbole "**+**" encadré. Il existe une typologie variée d'activités, représentées de manière non exhaustive dans la Figure A.

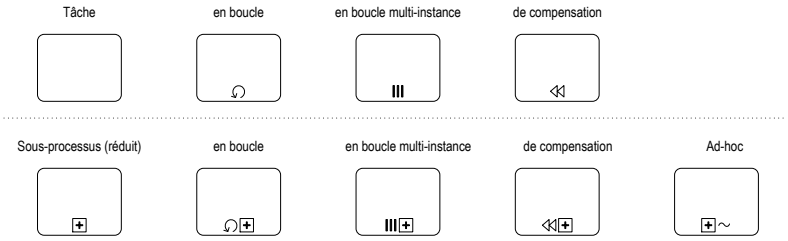


Figure AI.2 - Activités BPMN

Les évènements sont traduisent des déclenchements ou lancent des résultats qui impactent le flux pour *débuter* ou *terminer* des activités de processus. Il y a un grand nombre de nature d'évènements spécifiant le caractère de départ, d'intermédiaire ou de fin.

Nous donnons un extrait des types d'évènements sur la figure A1.3

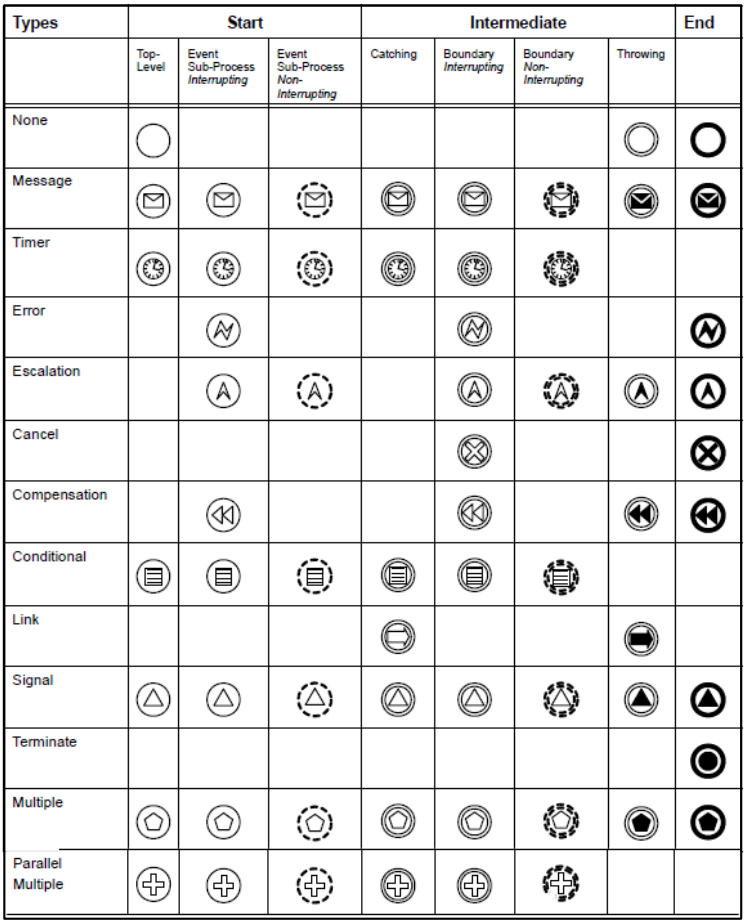


Figure AI.3 - échantillon d'évènements BPMN

Les catégories d'évènement sont déclinées en différents types applicables en fonction du message que l'on veut faire porter à la représentation de l'évènement. Cette liberté dans le choix des notations permet d'appréhender les diagrammes selon les niveaux de détails nécessaires à la définition des processus.

Les passerelles contrôlent les interactions par convergences ou divergences des flux du processus. Ils impliquent un mécanisme d'autorisation ou d'interdiction de passage selon des conditions définies. Les différentes typologies de connecteur sont illustrées sur la Figure AI.4.

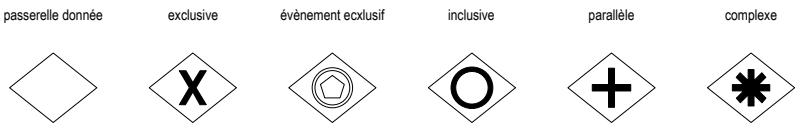


Figure AI.4 - Passerelles BPMN

- Les données, représentent des *données élémentaires*, des *données d'entrée*, des *données de sortie*, des *données stockées*
- Les connections, permettent de connecter les objets de flux entre eux ou avec d'autres informations définis par les *séquences*, les *messages*, les *associations* et les *données associées*.
- Les couloirs d'activité, regroupent les d'éléments de modélisation primaires en pool d'utilisateurs et en couloirs.

- Les artefacts sont utilisés pour fournir des informations complémentaires au processus modélisé. Ils sont composés d'éléments formalisés par les *groupes* ou les *annotations* et d'autres types susceptibles d'être ajoutés selon les besoins.

Les avantages de ce langage de modélisation est sa facilité d'accès et de prise en main, tant pour la conception des diagrammes que pour la lecture et la compréhension des processus. Les nombreuses typologies d'activité, d'évènements et des conditions de passerelles offrent un pouvoir de définition détaillé. La simplicité de la méthode serait perçu aussi comme son principal défaut pour l'explicitation des éléments et des relations complexes.

Dans le cadre de la thèse, dans un souci de partage et de collaboration avec les membres du projet, nous avons utilisé les représentations génériques du BPMN.

ANNEXE 2

Les objets du PGM
(Processus de Gestion des Modifications)

Nous donnons dans cette annexe une description des objets du PGM tels qu'ils ont été établis dans le § III.4.2 du chapitre III. Nous rappelons pour chaque objet les métadonnées qu'il renseigne ainsi que leur mode de repérage.

Sont successivement présentés sur les figures A2.1 à A2.4 : l'objet PR (rapport de problème), l'objet CR (Demande de modification), l'objet CN (Notification de modification) et l'objet CA (Activité de modification).
Le mode de renseignement est exprimé par le code couleur suivant :

- **automatiquement**
- **liste déroulante de choix**
- **manuel**
- **lien**

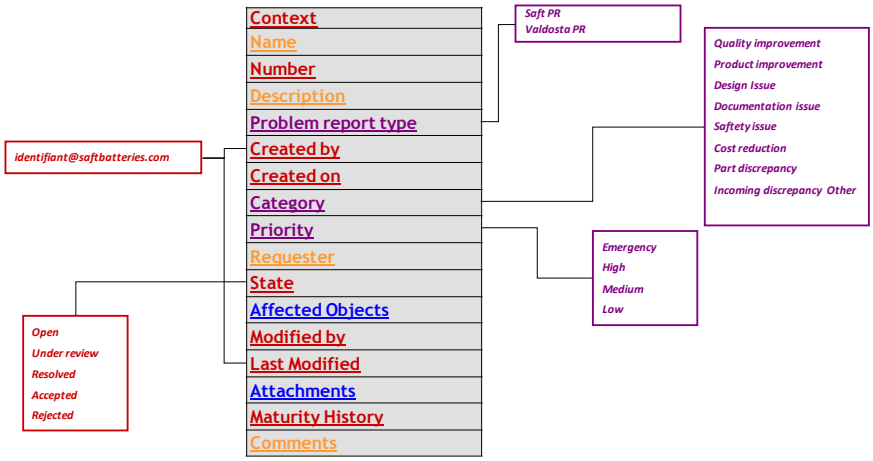


Figure A2.1 - Attributs de l'objet PR (Problem Report)

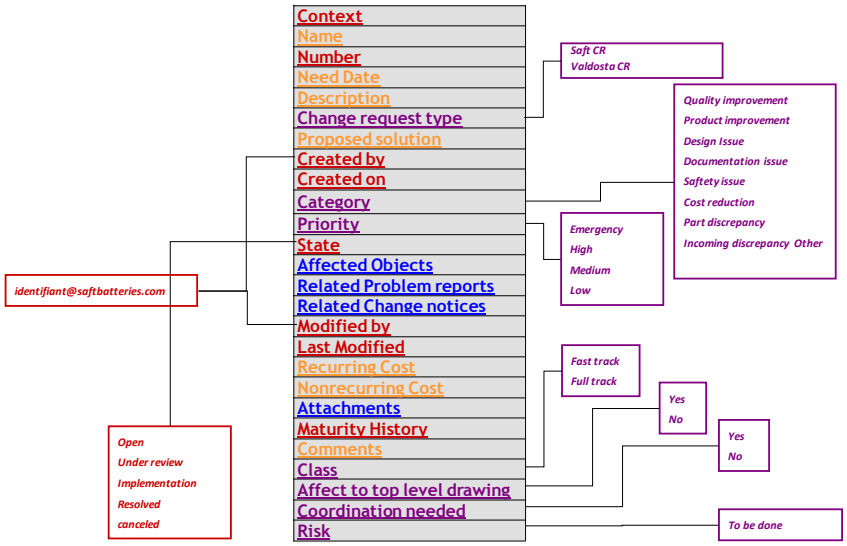


Figure A2.2 - Attributs de l'objet CR (Change Reques

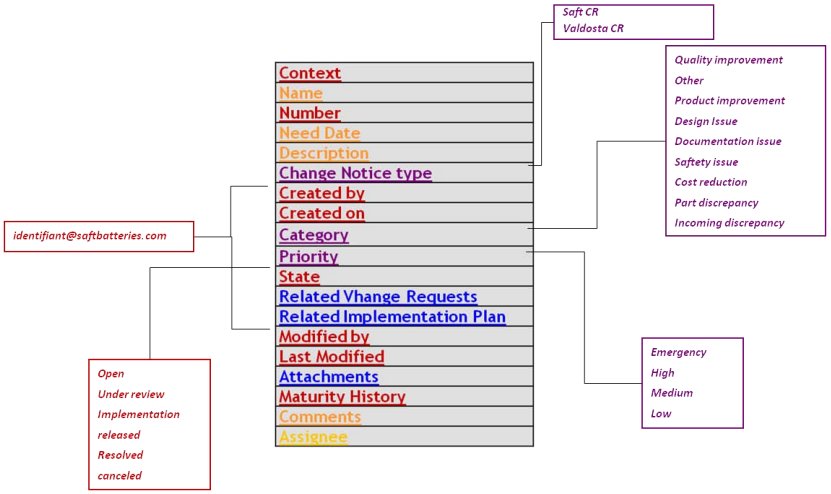


Figure A2.3 - Attributs de l'objet CN (Change Notice)

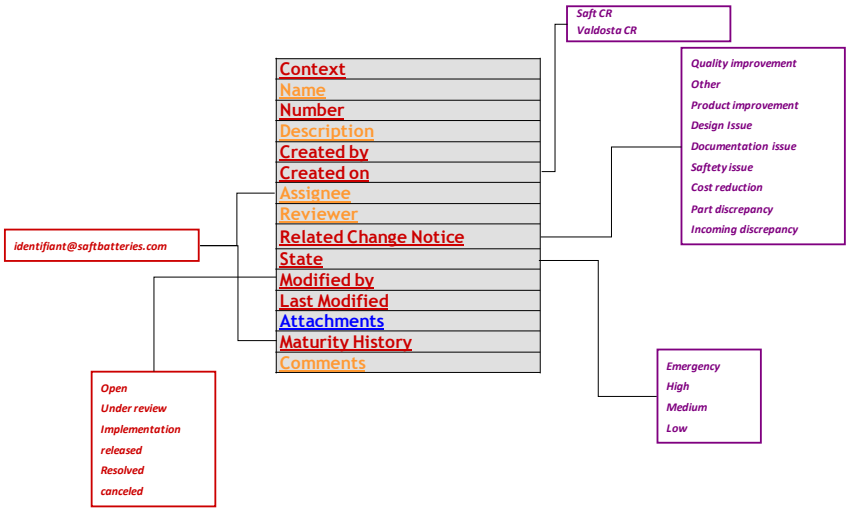


Figure A2.4 - Attributs de l'objet CA (Change Activity)

ANNEXE 3

Le "flow shart" PGM

Nous donnons dans cette annexe une description du "Flow-shart" du PGM, tel qu'il a été paramétré et présenté dans le §4.2.5 du chapitre III.

La lecture du document est explicitée par une légende.

Nous désignons chaque tâche par son titre où les instructions ne sont pas représentées par manque de place sur le modèle de représentation.

Change Management Workflows associated

Version

1.0	20/05/2010	first proposition
1.1	14/06/2010	modifications and update related to « saft SDDCM Change Process.ppt »
1.2	16/07/2010	modification and update related to « Réponse PCO – Change management.ppt »
1.3	29/11/2010	modification and update
2.0	03/12/2010	adaptation related to Windchill
2.1	07/12/2010	Two additional tasks (i' and m')

3.0 07/01/2011

Author

Saft Bordeaux
Saft Bordeaux
Saft Bordeaux
Saft Bordeaux
Saft Bordeaux
Saft Bordeaux
Saft &PCO

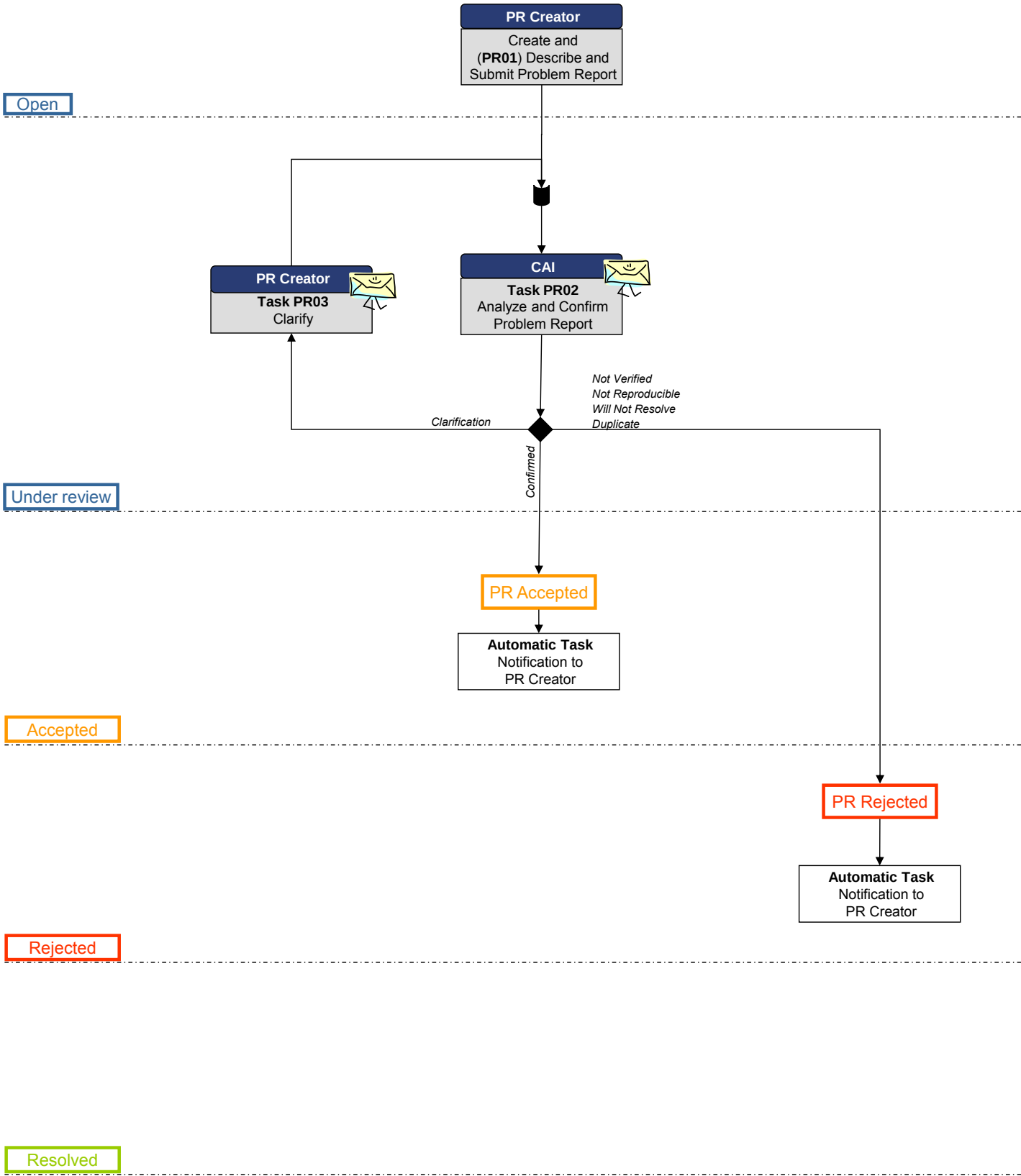
Legend

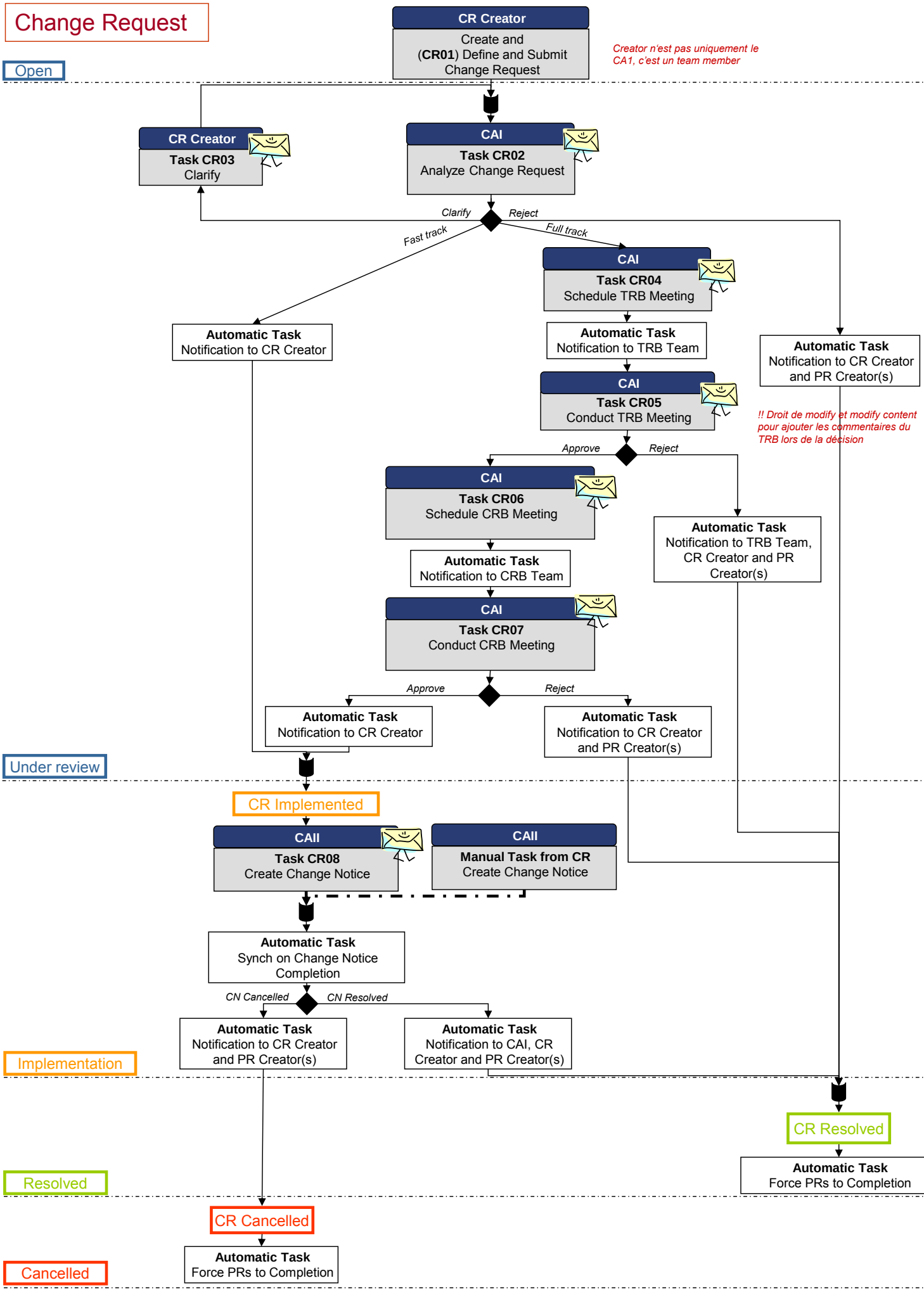
- gate OR
- gate "decision"
- automatic task
- task
- condition task
- link to an optional task

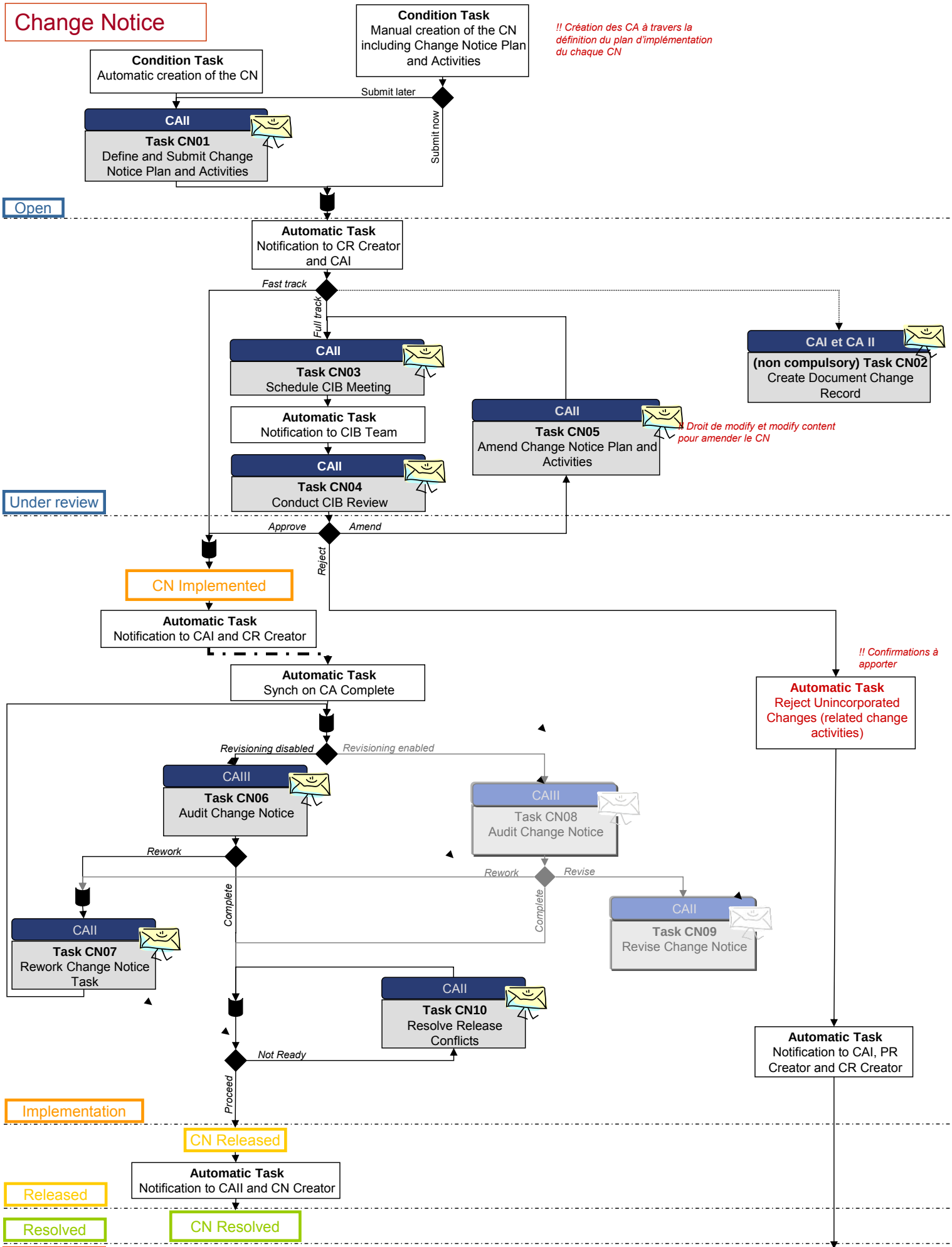
CAI: Change Admnistrator I
CAII: Change Adminisatrator II
CAIII: Change Administrator III
PR: Problem Report
CR: Change Request
CN: Change Notice
CA: Change Activitie(s)
TRB: Technical Review Board
CRB: Change Review Board
CIB: Change Implementation Board

- Open — PR, CR, CN, CA life cycle states
- Life cycle state boundary line
- Affectation

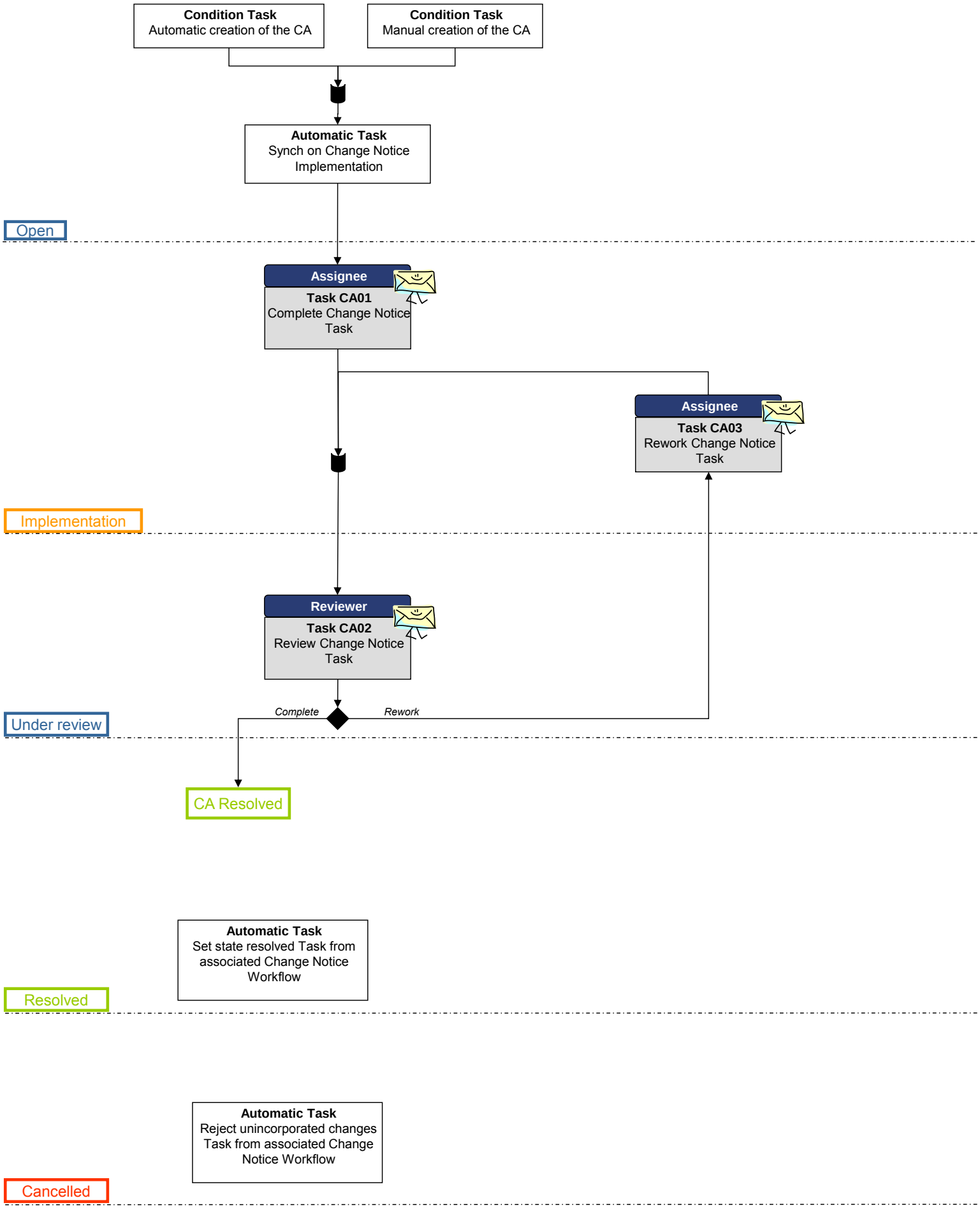
Problem Report




Change Request
Open
CR Creator
Create and (CR01) Define and Submit Change Request
Creator n'est pas uniquement le CA1, c'est un team member
CR Creator
Task CR03 Clarify
CAI
Task CR02 Analyze Change Request
Clarify
Reject
Fast track
Full track
CAI
Task CR04 Schedule TRB Meeting
Automatic Task Notification to CR Creator
Automatic Task Notification to TRB Team
Automatic Task Notification to CR Creator and PR Creator(s)
CAI
Task CR05 Conduct TRB Meeting
!! Droit de modify et modify content pour ajouter les commentaires du TRB lors de la décision
Approve
Reject
CAI
Task CR06 Schedule CRB Meeting
Automatic Task Notification to TRB Team, CR Creator and PR Creator(s)
Automatic Task Notification to CRB Team
CAI
Task CR07 Conduct CRB Meeting
Approve
Reject
Automatic Task Notification to CR Creator
Automatic Task Notification to CR Creator and PR Creator(s)
Under review
CR Implemented
CAII
Task CR08 Create Change Notice
CAII
Manual Task from CR Create Change Notice
Automatic Task Synch on Change Notice Completion
CN Cancelled
CN Resolved
Automatic Task Notification to CR Creator and PR Creator(s)
Automatic Task Notification to CAI, CR Creator and PR Creator(s)
Implementation
CR Resolved
Automatic Task Force PRs to Completion
Resolved
CR Cancelled
Automatic Task Force PRs to Completion
Cancelled


Change Notice
Condition Task
Manual creation of the CN including Change Notice Plan and Activities
!! Création des CA à travers la définition du plan d'implémentation du chaque CN
Condition Task
Automatic creation of the CN
Submit later
Submit now
CAII
Task CN01
Define and Submit Change Notice Plan and Activities
Open
Automatic Task
Notification to CR Creator and CAI
Fast track
Full track
CAII
Task CN03
Schedule CIB Meeting
Automatic Task
Notification to CIB Team
CAII
Task CN04
Conduct CIB Review
CAI et CA II
(non compulsory) Task CN02
Create Document Change Record
CAII
Task CN05
Amend Change Notice Plan and Activities
Droit de modify et modify content pour amender le CN
Under review
Approve
Amend
Reject
CN Implemented
Automatic Task
Notification to CAI and CR Creator
Automatic Task
Synch on CA Complete
!! Confirmations à apporter
Automatic Task
Reject Unincorporated Changes (related change activities)
Revisioning disabled
Revisioning enabled
CAIII
Task CN06
Audit Change Notice
CAIII
Task CN08
Audit Change Notice
Rework
Rework
Revise
Complete
Complete
CAII
Task CN07
Rework Change Notice Task
CAII
Task CN09
Revise Change Notice
CAII
Task CN10
Resolve Release Conflicts
Not Ready
Proceed
Automatic Task
Notification to CAI, PR Creator and CR Creator
Implementation
CN Released
Automatic Task
Notification to CAII and CN Creator
Released
Resolved
CN Resolved

Change Activity



ANNEXE 4

Le Document_Qualité / NS Technique

Nous donnons dans cette annexe une description du Document_Qualité ou NS Technique tels qu'ils sont formalisés dans le chapitre IV.

Nous indiquons d'un marqueur surlignage gris, les champs automatiques qui sont voués à être synchronisés avec le champ d'insertion automatique du traitement de texte.

S.T ID : XXX XXX B.3

saft

Document_Qualité
Spécification Technique
Bordeaux

COMPOSANT BATTERIE : DURIT

Objet La présente norme définit les caractéristiques exigées pour l'utilisation des durits.

Secteur d'application Développement et production
Domaine métier Polymère

Sommaire

1. **Définition** 20
2. **Méthodes de tests** 20
2.1 *Tests techniques* 20
2.2 *Caractéristiques spécifique* 20
3. **Prescription générales** 20
3.1 *Aspect* 20
3.2 *Marquage* 20
3.3 *Tolérances* 20
4. **Règles pour la conception** 20
4.1 *Milieu environnant* 20
4.2 *Température d'utilisation* 20
4.3 *Pression d'utilisation* 20
4.4 *Règles de montage* 20
5. **Caractéristiques demandées** 20
6. **Gestion du document** 21

Alerte Autorité(s)/client(s)
Autorité(s)/client(s) concerné(s)
Information Formation
Déposé Fournisseur

Rédaction	Approbation
Nom : X. AZERTY	**Nom :** N. ERTYU
Fonction/rôle : Responsable expertise/ Ingénieur polymère	**Fonction :** Responsable Technique/ Responsable développement
Date : jj/mm/aaaa	**Date :** dd/mm/aaaa

1. Définition

2. Méthodes de tests

2.1 Tests techniques

2.1.1 TENUE MECANIQUE

2.1.2 TENUE CHIMIQUE

2.1.3 TENUE EN TEMPERATURE

2.2 Caractéristiques spécifique

3. Prescription générales

3.1 Aspect

3.2 Marquage

3.3 Tolérances

4. Règles pour la conception

4.1 Milieu environnant

4.2 Température d'utilisation

4.3 Pression d'utilisation

4.4 Règles de montage

5. Caractéristiques demandées

Ce document est la propriété de Saft. Il ne peut être communiqué à des tiers et/ou reproduit sans son autorisation écrite et, son contenu ne peut être divulgué. Seul le document géré est considéré comme applicable.

6. Gestion du document

DOCUMENT(S) SUPERIEUR(S)

Identification	Titre	Liens
NS XXX YYY	Méthode d'essai	NS XXX YYY
NFT XX-XYZ	Caractéristiques géométriques	NFT XX-XYZ
NF ISO 1234	Caractéristiques techniques	NF ISO 1234

DOCUMENT(S) INFERIEUR(S)

Identification	Titre	Liens
ABC B11 1234	Norme client 1	ABC B11 1234
AZE R99 9876	Norme client 2	AZE R99 9876

LISTE D'EXPERTISE TECHNIQUE (TRB)

Fonction	Nom / Prénom

LISTE D'APPROBATION (CRB)

Fonction	Nom / Prénom

Abréviations

Définitions

RAISON DE L'EVOLUTION

N° PGM	Indice	Justification des modifications apportées	Pages modifiées (si besoin)
123456	NA	Qualification nouvelle durit	refonte

Ce document est la propriété de Saft. Il ne peut être communiqué à des tiers et/ou reproduit sans son autorisation écrite et, son contenu ne peut être divulgué. Seul le document géré est considéré comme applicable.