

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université El-Hadj-Lakhdar - Batna

Faculté des Sciences de L'ingénieur

Département Génie Industriel



MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de Magistère en Génie Industriel

PAR : BENCHERIF FATEH

Thème :

**Mise en place d'un plan d'amélioration
du Processus de Développement du Produit**

Cas pratique de l'Entreprise des Réalisations Industrielles de Seriana (ERIS)

Devant le jury :

Président :	Dr : L. H. MOUSS	M.C.U. de BATNA
Rapporteur :	Dr : H.SMADI	M.C.U. de BATNA
Examineurs :	Dr : A. MCHENEN	M.C.U. de BATNA
	Dr : A.DIB	M. C.U. d'Oum ELBOUAGHI
	Dr : M.D.MOUSS	M.C.U. de BATNA

Février 2010

Remerciement :

Tout d'abord, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur Monsieur Smadi Hacem et à Madame Mouss Laila Hayet pour leurs patience et conseils et pour tout l'appui qu'ils m'ont donné pendant ces dernières années de ma vie. Ils m'ont apporté leur expérience et leurs conseils. Je remercie également Dr Djamel Mouss, Dr Dib Abderrahman et Dr Athman Mchenen pour avoir accepté d'être les membres du jury.

Une grande dette est également due à ERIS et pour tous les employés d'ERIS pour leur sympathie et l'ambiance chaleureuse qu'ils m'ont réservés pour facilité mon travail. Spécifiquement, je veux remercier le Capitaine. AGABI .A, le Colonel Belhouchet, et les employés de la direction Technique et spécifiquement la section Groupe électrogène de leur aide et de leurs commentaires constructifs concernant le cas pratique.

Ma gratitude va aussi à ceux qui m'ont accompagné tout au long de ces quatre années, et plus particulièrement M.Tarek, M.Mohammed, S.Mehdi, R.Amine, et H.Mohammed. Je veux également reconnaître l'appui de mes parents, mes frères, et amis qui m'ont apporté leur soutien inconditionnel et constant. Je les remercie également de tout ce qu'ils ont fait pour moi durant toutes ces années.

Université El-Hadj-Lakhdar - Batna
Faculté des Sciences de L'ingénieur
Département Génie Industriel

Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de Magistère en Génie Industriel

**MISE EN PLACE D'UN PLAN D'AMELIORATION DU PROCESSUS DE
DEVELOPPEMENT DU PRODUIT**

Cas Pratique de l'Entreprise des Réalisations Industrielles de Seriana (ERIS)

PAR : BENCHERIF FATEH

Résumé :

Nous nous situons dans un environnement fortement concurrent et dynamique lié à la mondialisation des économies, cette dynamique pousse l'entreprise à innover sans cesse et à explorer son future et proposer à ses clients la meilleure offre. Les entreprises à travers une transformation réflexive, transforment des entrées en produits et doit prendre des décisions au sujet de la façon de réagir aux besoins du marché et du client et des ressources à allouer. Ces transformations doivent être qualitatives et performantes et le processus de développement, le meneur de cette transformation, soit le noyau de toutes les transformations. Ainsi le processus de développement ne devrait pas être vu seulement comme une série d'actions bien organisée, mais incorporé dans tout organisme économique à tout les niveaux comme facteur majeur de réussite et de mesure de l'internationalisation de l'entreprise. Les caractéristiques d'un processus de développement décrivent la difficulté relative des activités de développement, les rapports de simultanéité entre les activités, les retards dans des processus tel que la découverte d'une déféctuosité et l'itération inter et intra-phases. Les méthodes et approche de développement existantes ne supportent pas de manière optimale les exigences de développement total et l'offre de la concurrence caractérisée par le court délai et le minimum budget de développement et par la qualité de leur offre. Après avoir mis en évidence cette problématique, nous proposons dans ce mémoire un plan d'amélioration par lequel les entreprises peuvent atteindre leurs objectifs stratégiques et organiser efficacement le personnel et les ressources, et pour bien gérer ou atténuer les risques de développement et pour s'assurer que le produit final tend à être de classe mondiale et qu'il est exactement ce que le client veut. Cette amélioration est vue sous la notion de risque ; la suppression ou l'atténuation d'un risque se correspond à une amélioration continue ou potentielle dans le processus de développement. Cette amélioration est basée sur la sélection du bon processus de développement, la caractérisation et la structuration de ce processus, et la modélisation et la simulation de la performance générée par la structuration. Cette amélioration nous permette de répondre aux différents problèmes du développement du produit et d'innovation.

Sommaire :

Remerciement	
Résumé	
Sommaire :	i
Introduction Générale	3
Chapitre I : Développement du produit	8
I.1. L'innovation, le cadre général du développement du produit :	9
I.1.1. Typologie de l'innovation :	10
I.1.2. Organisation innovante :	12
I.1.3. Facteurs et obstacles de l'innovation :	12
I.1.4. Management de l'innovation :	14
I.2. L'innovation en Algérie :.....	15
I.2.1. Situation de l'innovation en Algérie :	16
I.2.2. Aspects d'innovation dans les entreprises Algériennes :.....	18
I.3. Développement du produit :	19
I.4. Risques de développement :	20
I.5. Intégration du développement avec la stratégie des affaires :.....	22
I.6. Ingénierie concurrente :	23
I.7. Méthodologie de développement du produit :	25
Chapitre II : Processus de Développement du Produit	28
II.1. Définition du processus de développement :	29
II.2. Phases de développement du produit :	31
II.3. Caractérisation du processus de développement :	32
II.3.1. Itérations et intégrations de conception :.....	33
II.3.2. Revus de conception :	34
II.4. Types du processus de développement :.....	35
II.4.1. Processus en cascade ou en cycle de vie (SGP) :.....	35
II.4.2. Processus en cycle de vie modifié :.....	36
II.4.3. Processus en spirale :	37
II.4.4. Processus de prototypage évolutionnaire (PPE) :	38
II.4.5. Processus Délivrable évolutionnaire :.....	39
II.4.6. Processus de conception pour Programme / Budget (DFP/DFB):	39
II.5. Critères du choix du processus de développement :	40
II.6. Structuration du processus du développement :	43
II.6.1. Définition de la Matrice Structurale de la Conception :.....	44
II.6.2. Construction d'une DSM :	45
II.6.3. Caractérisation de tâche :	46
II.6.4. Échange de l'information :	47
II.6.5. Procédure de structuration :	49

II.7. Amélioration du processus :	50
II.8. Amélioration Contrôle :	52
Chapitre III : Modélisation du Processus de Développement	55
IV.1. Modélisation de la dynamique de système :	56
IV.2. Approche de modélisation :	57
IV.2.1. Description du modèle de processus de développement :	57
IV.2.2. Hypotheses de modélisation :	59
IV.3. Présentation du modèle :	60
IV.3.1. Structure générique d'une phase :	60
IV.3.2. Déroulement des activités :	61
IV.3.3. Simultanéité interne et externe du processus :	64
IV.3.4. Coordination :	66
Chapitre IV : Application	69
IV.1. Analyse de l'existant :	70
IV.1.1. Démarche :	70
IV.1.2. Définition de l'entreprise :	72
IV.1.3. Contexte d'innovation à ERIS :	72
IV.1.4. Description de produits :	74
IV.1.5. Description du PDP :	76
IV.1.6. Description du marché de l'entreprise :	82
IV.1.7. Ressources, Stratégie et Politique de l'entreprise :	84
IV.2. Plan d'amélioration :	87
IV.2.1. Axe 01 : Processus de développement du produit :	88
IV.2.2. Axe 02 : Programme de développement :	104
IV.2.3. Axe 03 : Organisation de développement :	110
IV.2.4. Axe 04 : Management de développement :	111
IV.2.5. Axe 05 : Stratégie de développement :	116
IV.2.6. Axe 06 : Ingénierie de qualité :	117
Conclusion Générale	120
Liste des Abréviations	122
Annexe 1 : Questionnaire sur le PDP-ERIS (GE)	123
Annexe 2 : Modélisation du PDP	124
Annexe 3 : DSM – PDP	125
Figures et illustrations	135

Introduction Générale

Introduction :

L'organisation vivante dans un environnement caractérisé par une concurrence étrangère dynamique et intensive, et opposée à des impératifs liés à la mondialisation des économies et aux rythmes rapides des innovations technologiques; doit réagir pour survivre en séduisant le client toujours plus exigeant et en le proposant au meilleur coût et dans un court délai des produits robustes et de qualité. Cette organisation doit vivre aussi dans le futur, parce que cela est une nécessité évidente et un besoin d'explorer le futur de l'entreprise. L'une des façons dont les entreprises peuvent continuer à dominer leurs concurrents consiste à adopter une stratégie qui met l'accent sur l'amélioration continue et potentielle de et dans leurs produits.

Une question qui se pose souvent lorsqu'on a entre les mains un produit qui nous a pleinement satisfait ; comment ce produit s'est transformé d'une idée ou d'un besoin explicite ou implicite en produit comme celui-ci ? C'est une grande question qui a des réponses qui ne sont pas simples; d'abord toute activité dans l'entreprise passe certainement par l'innovation, puis avoir un produit nouveau caractérisé comme robuste et de qualité se fait par un processus très important dans le cycle de vie du produit : c'est le Processus de Développement du Produit.

Dans le but de faire face à cette réalité et répondre à cette question; l'objectif de ce travail est d'aider les entreprises à améliorer le développement et le processus de développement des produits qui font le cheval de bataille des entreprises pour atteindre leurs objectifs stratégiques et organiser efficacement le personnel et les ressources, et pour bien gérer ou atténuer les risques de développement et pour s'assurer que le produit final tend à être World-Class et qu'il est exactement ce que le client veut.

Le discours régnant parmi les chefs et dirigeants d'entreprises est que "le développement réussi de produits est critique à la performance industriel, la pression d'améliorer des produits et des PDP est évidente, aujourd'hui, plus que jamais, la seule manière avec laquelle l'organisation industrielle peut rester compétitive ; est d'être plus créatrice, plus innovatrice, et plus rapide que la concurrence" [1]. Nous devons introduire continûment des produits et des technologies meilleures et avec le moindre coût.

Contexte et Problématique : Pourquoi innover, développer et améliorer le PDP ?

Les implications de la mondialisation sur l'économie et les entreprises Algériennes, rendent cette dernière soumise à des mutations dues à la concurrence exacerbée, et poussée à innover de manière continue et à renouveler leurs offres à un rythme accéléré avec plus de valeur ajoutée et meilleurs rapports QCDR. L'innovation fait le processus justifiant tout mouvement dans l'entreprise, en Algérie l'innovation n'est pas la meilleure ; si elle n'est pas à la traîne, l'Algérie ne montre pas pour autant de capacités d'innovation technologique essentiellement à cause de l'inexistence de politique de recherche scientifique¹. Le rapport de l'ANIMA de 2005, constate l'inexistence d'une politique nationale de recherche en Algérie, et que les structures de recherche scientifique en Algérie semblent assez bureaucratiques. Il estime aussi que le lien est ténu entre la science et l'industrie car il n'y a pas véritablement de place pour les associations de chercheurs ou d'ingénieurs.

Le Génie Industriel qui a pour objectif l'amélioration de la performance des entreprises s'intéresse à l'étude des organisations industrielles et à l'amélioration des processus qu'elles mettent en œuvre, il est "concerné par la conception, l'amélioration et l'implantation des systèmes intégrés des ressources humaines, matérielles, d'équipement, de l'information et d'énergie," [21] pour réaliser un produit en s'appuyant sur les connaissances spécialisées et les qualifications dans la science physique, mathématique et sociale et sur des principes et méthodes d'analyse et de synthèse de l'ingénierie afin de spécifier, prédire et évaluer les résultats que de tels systèmes peuvent produire. Cet objectif pose à la fois la question de développement du produit, il s'agit de reconsidérer le cycle de vie du produit dans sa globalité, de raccourcir les délais, de diminuer les coûts, et augmenter la qualité et la robustesse dans le cadre d'ingénierie simultanée (le Génie Industriel fait le carrefour des disciplines appelées à intervenir dans l'entreprise).

Les entreprises Algériennes ont la difficulté à innover et concevoir leurs produits, parmi les difficultés qu'on peut rencontrer : (1) pour le développement du produit: les entreprises n'ont pas des définitions claires de leurs produits et de la technologie utilisée et leurs processus de développement sont loin de satisfaire le client en termes de QCDR et de performance, et la démarche de conception est aléatoire et totalement non systématique. (2) Pour le processus de développement du produit : les entreprises n'utilisent aucune

¹ C'est ce que révèle une étude sur « l'innovation technologique et l'attraction des investissements » dans les 12 pays de la Méditerranée (ANIMA).

méthodologie claire ou au moins connue de développement des produits nouveaux, ce qui réduit l'amélioration de ce processus, et les acteurs qui doivent participer au développement sont organisés de manière informelle (organisation qui est plus séquentielle) dans le monde de la simultanéité.

Objectifs du mémoire :

Le mémoire cherche :

- le développement d'une vision globale sur le développement et l'innovation, l'identification et l'évaluation des différents PDPs leurs enjeux, leurs caractéristiques, et apporter des réponses aux conséquences des différents risques que confronte le projet de développement et qui ont l'impact direct sur le QCDR du produit;
- l'appréhension de la mise en place et l'amélioration des PDPs, les différents outils et démarches marquant l'efficacité du processus permettant aux entreprises le contrôle et le suivi systématique des projets de développement et d'offrir des produits QCDR.
- la modélisation du processus de développement décrivant les activités de développement, les rapports de simultanéité entre les activités, les reprises et les itérations inter et intra-phases, les contraintes de développement, etc.
- la formulation d'un plan d'amélioration du processus de développement qui aborde les différentes contraintes et risques (Réduction des reprises, des délais, des coûts, et mieux gérer les ressources, et les risques) dans une démarche d'amélioration préventive.

Plan du mémoire :

Le mémoire est organisé en quatre chapitres dont les thèmes sont donnés ci-dessous :

Chapitre I : (Développement du produit) : Dans le premier chapitre nous dériverons ce qui nous semble être le cadre général du développement du produit, en présentant le concept de l'innovation, les facteurs et les obstacles de l'innovation, le management d'innovation en éclairant le lien entre l'innovation et le développement du produit. Ce dernier nous permettra de mettre en place l'objet de l'amélioration du processus de développement du produit (processus complexes, à risques, à pratiquer dans une entreprise au plus juste). Dans ce chapitre nous identifierons les différents risques de développement qui vont nous permettre d'identifier les axes de l'amélioration continue et potentielle dans le processus de

développement du produit. La stratégie du développement va cadrer ce processus "Hors Line" dans la stratégie globale de l'entreprise. L'ingénierie concourante va ajouter la simultanéité au PDP en utilisant une PDT qui va améliorer le PDP par la focalisation sur le QCD, sur l'utilisation de l'information appropriée pour la prise de décision.

Chapitre II : (Processus de développement du produit) : Ce chapitre présentera : une définition claire des phases de développement et les critères d'évaluation de chaque phase et étape, un état d'art des différents PDPs illustrant une grande variété de PDP pour gérer et développer un produit, et les caractéristiques d'un PDP par lesquelles les différents PDPs peuvent être définis et comparés tout en décrivant les objectifs, les points communs, les avantages et les inconvénients de chacun d'eux. Il s'intéresse aussi à la caractérisation de PDP, c'est-à-dire l'identification des lignes de base qui sont partagées par tous les processus: revues et itérations et intégrations de conception, et les combinaisons itération/revue, et les critères de choix du processus de développement du produit qui tiennent en compte les risques de développement, la nature du processus, de l'entreprise et ses objectifs.

Chapitre III (Modélisation du PDP) : L'accroissement de la simultanéité et le croisement fonctionnel de développement, augmente considérablement la complexité dynamique de développement du produit. La modélisation du PDP décrit les flux du travail dans les phases de développement pour évaluer, estimer et gérer les projets de développement. Les caractéristiques d'un processus de développement décrivent la difficulté relative des activités de développement, les rapports de simultanéité entre les activités, les retards dans des processus tel que la découverte d'une défectuosité et l'itération inter et intra-phases. Ce troisième chapitre décrit un modèle de PDP qui modélise explicitement les différentes caractéristiques du PDP et chaque meneur de performance.

Chapitre IV (Application) : Théoriquement, la mise en œuvre de la stratégie de l'entreprise se traduit par l'élaboration d'un plan détaillé. Ce plan décrit les actions à lancer en fonction des moyens et contraintes pour atteindre la finalité fixée en un temps donné. Ce plan va cadrer la cascade de décisions à prendre pour mener à bien la stratégie définie. Cette stratégie est conduite par une équipe menant les différentes étapes de la stratégie en développant la vision, la mission, les principes de base, les objectifs stratégiques, et les stratégies, et supervise les étapes de diffusion, de déploiement, d'implantation de mesurer, et d'évaluation du plan. Pour terminer, nous dressons le bilan de notre travail et nous donnons quelques perspectives de recherche.

Chapitre I : Développement du produit

Introduction :

La mondialisation, les transformations technologiques et sociologiques, les profondes mutations de l'environnement, ont des impacts importants sur les entreprises agissant comme producteurs poussant les produits vers les consommateurs. D'une part, ces facteurs obligent les entreprises à modifier les conditions de la production : produits et processus et remettent en cause la limite de l'entreprise dans sa relation avec ses partenaires, et d'autre part, s'efforcent d'appliquer une démarche inverse consistant à partir des besoins et attentes du client pour mettre au point et lui proposer ce qu'il désire. Cela fait appel à la capacité de développement du produit qui est une base à la concurrence efficace et à l'amélioration continue. "Le développement réussi du produit est en même temps une relation cause et effet du progrès industriel et social, il exige des approches fondamentalement améliorées pour organiser le processus de développement réduisant les pertes et fournir le meilleur produit au client afin de concurrencer efficacement sur une base globale" [1].

Dans ce chapitre nous décrivons ce qui nous semble être le cadre général du développement du produit, en présentant le concept de l'innovation et les facteurs et les obstacles de l'innovation, le management d'innovation en procurant le lien entre l'innovation et le développement, puis ce chapitre nous amène à appréhender le développement du produit en tant que processus complexes, à risques, à pratiquer dans une entreprise au plus juste tout en dressant sa définition, ses phases, les risques qu'il confronte, l'ingénierie concurrentes, et les stratégies de développement. L'entreprise, notamment la PME¹, constitue le principal vecteur et le principal milieu de l'innovation, le présent travail se limite à explorer les pratiques de l'intérieur de l'entreprise.

I.1. L'innovation, le cadre général du développement du produit :

L'innovation est un fait global qui interpelle la société dans ses différentes dimensions, économique, sociale, culturelle. "L'innovation est un processus intra et inter-organisationnel par lequel l'entreprise améliore sa position économique par rapport à son environnement grâce à l'application de développements de processus et de produits" [4]. Ce processus conduira l'entreprise à la proposition sur un marché de plusieurs entités, c'est un processus que l'entreprise doit piloter avant d'être un résultat qu'il faut atteindre.

¹ Les PME et PMI, occupent une place importante dans la dynamique économique d'une nation. [24]

Avec les changements accélérés qu'a connue la décennie passée, l'innovation s'est mise comme un facteur stratégique de concurrence, ce qui justifie la thèse de Porter que ce processus fait une réponse d'adaptation à un environnement concurrentiel, qui va permettre à l'entreprise d'améliorer sa position stratégique (c'est une arme stratégique parmi d'autres). La valorisation des ressources¹ dans l'innovation contribue à bâtir et à maintenir des avantages concurrentiels. L'innovation, dans ce sens, n'est plus l'exception, elle devient la règle et s'inscrit de façon permanente dans la vie des organisations. Selon la théorie des ressources/compétences, l'innovation est vue sous la notion d'hétérogénéité intrinsèque des entreprises et fait le résultat du développement des ressources et compétences de l'entreprise.

"Une véritable innovation est un produit, un service, un concept qui apporte une nouvelle solution au problème de l'acheteur. Il s'agit soit d'une réponse aux contradictions des solutions précédentes proposées par la concurrence, soit d'une fonctionnalité nouvelle, cette innovation repose sur "une stratégie de génération d'un flux continu et programmé de nouveaux produits"[14]. Partant de ces définitions, nous retiendrons la vision selon laquelle; l'innovation est l'application d'une invention², et aussi l'exploitation d'une technologie existante s'effectue dans des conditions nouvelles et se traduit par un résultat économique efficace "pas nécessairement sous forme de produit final, cela veut dire que les innovations qui n'ont une finalité commerciale ne sont pas considérées comme des innovations.

I.1.1. Typologie de l'innovation :

Pour classer les innovations, on peut retenir trois critères en influence mutuelle: (1) le degré de l'innovation, (2) l'origine de l'innovation et (3) la nature de l'innovation.

- **Degrés d'innovation** : le degré d'innovation se traduit par la différence en impact et importance de l'innovation: l'apport de l'innovation se mesure selon deux degrés: innovation de rupture ou radicale (modification profonde des références de produit exigent le savoir-faire nouveaux et les compétences nouvelles) et innovation incrémentale ou progressive (amélioration progressive des références du produit n'exigent pas le savoir-faire nouveaux). La planification stratégique fait la distinction entre les produits en termes d'importance, d'impact, de degré d'originalité et d'apport de l'innovation ; selon ces critères l'innovation peut être mesurée sur une échelle de 0 à 9 comme illustrée sur la Figure 1.1.

¹ Les ressources peuvent être matériels (processus de production, employés), ou immatériels (les connaissances spécifiques et le savoir-faire du personnel). Les ressources de l'entreprise incluent aussi sa part de marché relative, son potentiel de R&D, sa maîtrise du marketing, la qualité de son réseau de distribution, et ses compétences d'achat.

² Il est important de faire la distinction ici, entre l'innovation et l'invention. L'invention est la première occurrence d'une idée pour un nouveau produit ou processus, alors que l'innovation est la première tentative de la porter dans le réel.

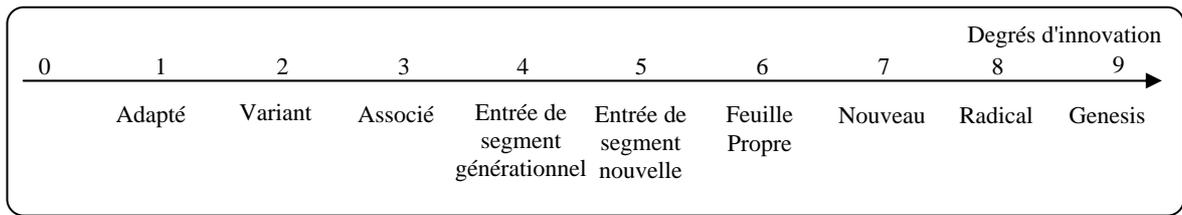


Figure 1.1 : Degrés d'innovation [1] Henderson and Clark (1990)

1. Genèse : Un produit complètement original dont il n'y avait pas précédemment eu aucun produit étroitement connexe, ce produit peut mener aux diverses familles de produits ;
2. Radicale : c'est génétiquement un produit descendant d'un produit Genesis ;
3. Nouveau (à une entreprise) : produit moins qu'un radical ; c'est le premier de son genre à développer par l'entreprise ;
4. Feuille Propre (générationnel) : c'est un produit qui a un petit rapport de conception avec ses produits parents (Genesis, radical, nouveaux) ;
5. Entrée de segment du marché (nouvelle) : ce produit fait entrer l'entreprise dans un nouveau segment de marché, suivant un premier produit nouveau (ou radical) ;
6. Entrée de segment du marché (générationnel) : c'est un nouveau produit dans un segment du marché suit après un produit précédent dans le même segment du marché ;
7. Associé : dans ce produit y a quelques changements technologies et une autre manière pour fournir des possibilités différentes. Ainsi, il est sur un marché un peu différent.
8. Variante : ces produits subis des petits changements incluent l'enrichissement en caractéristiques et les mises à niveau de coût/performance ;
9. Personnalisé ou adapté : l'adaptation des produits s'étend sur la gamme de produits, les changements ne sont pas importants pour le consommateur, ils tendent pour inclure des modifications moins importantes comme le changement d'une marque.

- **Origine de l'innovation** : on peut distinguer entre le produit nouveau tiré par la demande, c'est-à-dire issu d'une démarche volontariste, et créatif de la part de l'entreprise.

- **Nature de l'innovation** : la distinction s'établit entre¹ :

- **Innovation de produit** : intéresse les caractéristiques du produit et vise l'amélioration des prestations offertes au client (inclut l'innovation concept et technologique).
- **Innovation de procédé et de production** : ces innovations concernent l'amélioration du processus de fabrication. Ce genre d'innovation inclut l'innovation de production (les opérations et leur enchaînement) et l'innovation de procédé (processus de production).

¹ On peut faire une autre distinction selon la nature intrinsèque de l'idée nouvelle. Sur cette base on distingue (1) l'innovation à dominante technologique de (2) l'innovation à dominante marketing.

I.1.2. Organisation innovante :

En abordant l'organisation en doit différencier l'organisation innovante de l'adaptative comme Schumpeter le fait; l'innovante influe sur son environnement économique et social par sa politique d'investissements, alors que l'adaptative tente juste de minimiser les coûts en prenant en compte l'environnement tel qu'il se présente. L'organisation innovante tente à gagner l'avantage concurrentiel, concevoir et à fabriquer un produit de qualité à des coûts bien déterminés. L'organisation adaptative a une attitude plus réactive et d'adaptation des ressources pour la commercialisation, à des coûts compétitifs, de produits existants ou facilement commercialisables sans faire appel à de nouvelles technologies. Le développement du produit peut se dérouler selon plusieurs axes [3]:

- investissements en unités de production ;
- investissements en moyens de R&D (recherche de nouveaux concepts) ;
- investissements en moyens de marketing pour mieux cerner et détecter les marchés potentiels ;
- investissements en management pour assurer une cohésion à ce nouvel ensemble de ressources, planifier et coordonner le développement et la production.

I.1.3. Facteurs et obstacles de l'innovation :

Le succès d'une innovation dépend fondamentalement de sa valeur commerciale, et c'est le marché qui entraîne l'innovation. Les recherches et les enquêtes dans le domaine de l'innovation, permet de dégager quatre grands types de facteurs [12] :

1. l'environnement technologique et économique dans lequel s'inscrit l'innovation (subvention, législation, taille et croissance du marché, intensité concurrentielle, etc.) ;
2. l'organisation de l'innovation au sein de l'entreprise (dispositif de contrôle et d'encouragement à l'innovation, flexibilité de l'organisation, communication R&D) ;
3. les caractéristiques intrinsèques de l'innovation (caractéristiques du produit nouveau, son prix, sa communication, sa distribution, etc.) ;
4. la réalisation et le déroulement du projet d'innovation (planification efficace, leadership, délai, coût, objectifs, montant de ressources allouées, etc.)

De plus il existe deux facteurs qui attirent l'entreprise à innover : le profit potentiel et les actions gouvernementales.

- **Profit potentiel** : Les besoins du client, créant un profit potentiel dans un marché dynamique, sont la cause principale de toute innovation et tout effort de développement, l'entreprise essaye de capturer le maximum de ce profit. Il existe d'autres facteurs conducteurs justifiant l'innovation mais l'incitation économique est fondamentale, elle les conduit tous.

- **Influence du gouvernement** : le produit présent dans un marché est soumis à des normes et à une responsabilité légale. Les actions gouvernementales influencent l'innovation et le développement du produit par trois actions:

- règlements technologique : peuvent être utiles ou onéreux, universelle ou locales, et peuvent être bonne ou mauvaise pour l'innovation. Parmi les normes forçant la technologie: la BACT (meilleure technologie de control disponible), les brevets, la performance, les normes environnementales.
- subvention de la R&D : les gouvernements peuvent stimuler l'innovation par les subventions et le financement de la recherche fondamentale et de la R&D ;
- règles juridiques responsable de l'émergence et de l'échec de certaines technologies.

Outre les différents risques de développement qui n'encourage pas les entreprises à s'engager pour innover, d'autres obstacles peuvent causés des projets retardés ou abandonnés¹:

1. Risque économique perçu comme excessif ;
2. Coût d'innovation trop élevée ;
3. Absence de source appropriée au financement ;
4. Rigidité organisationnelle ;
5. Manque de personnel qualifié ;
6. Manque d'information sur la technologie ;
7. Manque d'information sur le marché ;
8. Législation, réglementation, normes, standard ;
9. Manque de réactivité du client aux nouveaux produits ;
10. Échec de coopération.

On peut associer ces obstacles d'innovation à deux facteurs de risque: le degré d'originalité et la complexité du concept (risque marché) et le degré d'innovation de la technologie

¹ Les obstacles à l'innovation (enquête réalisée sur un échantillon de plus de 5000 PME françaises– période 1994-1996)

nécessaire pour réaliser le concept (risque technique). A ces deux risques intrinsèques, il faut ajouter le degré de nouveauté pour l'entreprise elle-même (risque stratégique).

I.1.4. Management de l'innovation :

Une fois incité à innover, partant des opportunités du marché ou des actions gouvernementales, l'entreprise doit adresser les capacités, le plan d'innovation, et la valeur à ajouter.

- **Capacité organisationnelle** : la capacité d'organisation est critique pour développer un produit, elle est limitée par les ressources humaines, les compétences et les savoirs faire, les capacités du l'output ou de fabrication, le contrôle et la communication internes.

- **Plan d'innovation** : la vision d'une entreprise à une innovation technologique peut profondément affecter le processus de développer une technologie dans un produit. Les risques de DP peuvent être entièrement différents selon si l'innovation est considérée comme événement significatif ou une prochaine étape ordinaire. La compréhension du contexte et la planification de l'innovation sont des critères importants pour toute stratégie de développement pour déterminer les menaces, les opportunités, et le futur développement.

La courbe en "S" (Figure 1.3) fait l'une des théories appropriées pour la planification de l'innovation et du développement, elle illustre bien comment une nouvelle technologie se développe et comment elle peut accéder à un marché. Ce cycle permet de comprendre la différence entre innovation radicale et incrémentale, et les dilemmes technologiques sous adjacents qui les caractérisent. L'entreprise peut innover par amélioration ou par substitution d'une technologie utilisée dans le produit ou dans l'outil de production.

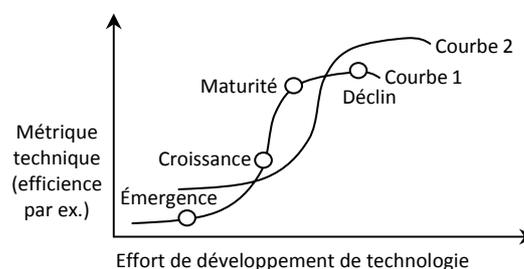


Figure 1.3 : La courbe en "S" d'une technologie

- pour l'innovation incrémentale, elle consiste à prolonger et remonter la courbe en S.
- pour l'innovation radicale, elle consiste à choisir une nouvelle technologie et donc à se placer sur une autre courbe.

- **Création et capture de valeur** : La création de la valeur est un autre composant fondamental du management d'innovation et de développement. La valeur est mesurée par la capacité d'un produit à gagner le potentiel d'amélioration se trouvant entre besoin satisfait et besoin exprimé en terme de Coût-Qualité-Délai, le potentiel d'innovation se trouve entre besoin exprimé et besoin latent, et l'écart entre les deux fait un objectif idéal de progrès pour les concepteurs (Cf. Figure 1.4).

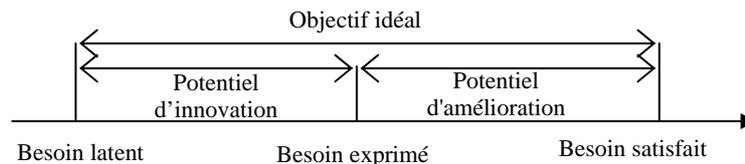


Figure 1.4 : Valeur idéale de l'innovation

I.2. L'innovation en Algérie :

Dotée de plus d'une dizaine de centres de recherche, de plusieurs centaines d'unités au niveau des universités, et de milliers d'entreprises et autres instituts, l'Algérie n'arrive pas à ancrer une politique claire de la recherche scientifique (0.3% R&D/PIB) ou d'innovation dans l'entreprises, du fait de l'absence d'une véritable stratégie de programmes nationaux et de planification pour la valorisation des résultats (pour la promotion de l'activité intellectuelle et de recherche, en général, et d'innovation au niveau d'entreprises en particulier). Cette situation est la conséquence du lien tenu entre la science et l'industrie, malgré l'existence de tous les facteurs indispensables à l'expression scientifique et innovatrice. Il n'est pas nécessaire de s'attarder sur le rôle vital de la recherche au sein de la société, car c'est un investissement qui contribue efficacement au progrès de tous les axes stratégiques de la société, à savoir la prise en charge des besoins des entreprises et autres institutions de production des biens et des services, sans oublier les volets culturel et sociologique.

Avec son accession à l'OMC (Organisation Mondiale de Commerce) et l'accord d'association avec l'Union Européen, l'Algérie, qu'a signalée son mouvement aux marchés libres et au libre échange, ne sera jamais à l'abri des politiques et des stratégies de conquête des marchés par la concurrence. Face à cette situation, l'innovation est devenue une préoccupation majeure dans les pays où des mesures et des politiques sont arrêtés pour la mise en place d'un système national d'innovation. L'innovation, devant ces défis, se présente comme une réponse d'adaptation à un environnement concurrentiel (l'approche Porterienne)¹.

¹ Selon l'approche classique Porterienne, les entreprises acquièrent et conservent un avantage concurrentiel en raison de leur capacité à constamment innover et améliorer ce qui est à l'origine de cet avantage concurrentiel.

I.2.1. Situation de l'innovation en Algérie :

En dépit d'une multiplicité des facteurs de blocage, il est possible de parler de l'existence d'activité d'innovation dans certaines entreprises. Cependant, ces activités correspondent plus à des modifications et des améliorations des produits, en somme une valorisation-optimisation des moyens en place. A défaut de l'existence d'une structure organisationnelle appropriée, l'entreprise peut créer des entités dotées d'autonomie variable, qui ont pour finalité d'assurer une démarche d'innovation.

Il semble que la dynamique de l'innovation se heurte principalement au manque de compétences, particulièrement celles qui sont liées aux métiers de l'entreprise. Ce qui dénote que la structure R&D, dans le sens strict, est inexistante, même si l'appellation est employée, il s'agit dans les faits d'une existence plus formelle que réelle¹. A la place, on trouve d'autres entités sous forme de laboratoire, centre, bureau d'étude, etc. Leurs principales activités portent sur la réalisation de tests de conformité et de contrôle qualité ou modifications-améliorations. L'innovation se heurte à l'absence de politique d'innovation au sein des entreprises algériennes, d'activités d'innovation programmées et organisées et pour lesquelles l'entreprise affecte spécifiquement des ressources matérielles, immatérielles, humaines et financières. Ceci s'explique, d'une part par la faiblesse des interfaces, l'inadéquation des modes organisationnels et des schémas de communication-information, absence de programmes de valorisation des compétences et des qualifications, l'insuffisance des ressources financières et enfin le caractère inadéquat des schémas culturels en déphasage avec l'esprit d'innovation et de créativité.

Pour les entreprises publiques, l'acquisition des technologies et des équipements, date des années 70 et début 80 pour la plupart, a engendré un rapport de dépendance vis à vis des fournisseurs. Ce genre d'acquisition, clé ou produits en main, a échoué. Les processus d'innovation, considérés comme positif et valorisant et difficile à distinguer parmi d'autre, sont généralement caractérisés par :

(1) pour les activités d'innovation :

- les gestionnaires n'arrivent pas à faire la distinction entre activités d'innovation et celles d'analyses ou de contrôle qualité, d'analyse et d'expertise ;
- l'activité d'amélioration n'est pas systématiquement planifiée ou programmée ;

¹ L'existence formelle de ces structures ne se traduit pas par un développement des activités d'innovation, ces structures étant centrées sur des travaux d'analyse et de contrôle. [24]

- les entreprises ne disposent pas d'un plan de développement à MLT ;
- les contraintes financières ;
- le prix est la variable qui prime sur toutes les autres (qualité, nouveauté et originalité) ;
- la concurrence déloyale (facteur freinant la volonté d'investir en l'innovation) ;
- l'absence d'une véritable démarche visant à diagnostiquer le marché et à identifier les attentes, les exigences de la clientèle, les parts de marché et le niveau de compétitivité.

(1) pour le système d'information :

- l'inexistence d'une structure spécifique matérialisant le système d'information (SI) ;
- la mission du SI est essentiellement orientée vers la veille commerciale et concurrentielle ;
- la veille technologique, faute de moyens et de compétences, ne constitue pas une priorité.

(2) pour la gestion des interfaces internes :

- dans les entreprises publiques, les activités de l'innovation sont assurées par les directions générales, ces dernières assurent aussi l'activité de coordination et d'intégration. Cette catégorie d'entreprises souffre des structures cloisonnées et peu communicatives ;
- les entreprises privées se réparties en trois catégories :
 - des entreprises, où les interfaces se concrétisent à travers le fonctionnement dynamique et cohérent de tous les fonctions (projet de renouvellement).
 - des entreprises où les interfaces sont assurées essentiellement par le propriétaire dirigeant, qui est le principal médiateur dans les échanges entre les fonctions.
 - des entreprises où les interfaces sont d'abord organisées autour de la relation marketing/clientèle et l'information est ensuite répercutée au service production.
- le recours aux consultants externes (expertise comptable, tests et certification).
- la rareté des dépôts de brevet concernant la propriété intellectuelle et l'absence totale d'acquisition de brevet en vue de leur exploitation.
- l'absence de contrats de recherche et de programmes communs visant le développement avec les centres de recherche et les universités.

(4) pour la gestion de ressources humaines :

- la forte dépendance à la direction générale ;
- l'inadéquation des mécanismes d'implication des collectifs de travail s'est limitée au personnel technicien (notion de métier réduite à la dimension technique) et ne se matérialise pas par la création des structures d'innovation ;

- le mode de gestion autoritaire qui laisse peu de place à l'initiative et à la construction d'une identité apprenante (le droit à l'erreur, la valorisation de la création et du partage des connaissances, l'incitation à l'apprentissage mutuel et des relations de confiance) ;
- le style de commandement directif est peu entreprenant et le mode d'organisation pyramidal permettant pas le développement d'un sentiment d'appartenance.
- la faiblesse des ressources humaines se manifestant à travers un taux d'encadrement technique, managérial et administratif assez réduit¹ ;
- l'acquisition des ressources humaines est un handicap pour les entreprises publiques appauvries des compétences à cause des contraintes financières imposées et de programmes de recrutement orientés selon des critères inadéquats ;
- l'action de formation dans les entreprises publiques orientée à certaines fonctions non rentabilisées en termes d'exploitation des clauses de formation ;
- La mauvaise rétribution et la non-reconnaissance du travail d'innovation et de créativité ;
- l'absence d'un système d'appréciation et d'évaluation du personnel ;

I.2.2. Aspects d'innovation dans les entreprises Algériennes :

Les aspects d'innovation les plus distingués dans les entreprises Algérienne portent sur le produit, le processus et l'organisation. Ce sont les entreprises privées qui font preuve de plus de dynamisme en matière d'activité d'innovation, ce dynamisme n'est pas loin de simple programme d'investissement, de renouvellement et de démarche de certification comme montrés sur la Figure 1.5 ci-dessous².

Entreprise	Innovation Produit	Innovation Processus	Innovation Organisation
MAC SOUM	Amélioration	Modifications	Capacité de production
CANDIA	Amélioration	Amélioration	Certification
BEJE BEJAIA	-	Réforme	Adaptation
ALCO-VEL	Nouveaux produits	-	-
GMS	-	Modifications et renouvellement	Changement de direction
ERIAS SIDI AICH	-	Modifications	Marketing, Communication
ALFADI-TEX	Élargissement gamme de produit	Modifications	Systèmes de travail
AB CUISINE +	Amélioration et Conception de NP	Nouvelle technique	Création de postes
ALCOST	Amélioration et nouveaux modèles et marque	-	-
DANONE DJ	Innovation adaptation des produits	Changement	SI temps réel, PDT
LAIT.SOUMAM	Amélioration imitation et Conception de NP	Adaptation et modification	Marketing GRH Certification

Figure 1.5 : Nature d'innovation dans les entreprises Algériennes public

¹ Le taux d'encadrement est de l'ordre de moins de 10% pour le secteur public et 12% pour le secteur privé. [24]

² (K. Megherbi, M. Arabi & H. Khelfaoui) ont réalisés une étude sur le thème d'innovation et ont identifiés les différents processus et activités d'innovation dans les PME de Bejaia. SAIDAL, en gardant le position de Leader au plan national, elle a développée 10 produits en 2001 en satisfaisant le marché national de 15% à 40% avec un taux de croissance de 30% en 2002, ces efforts ont comme impact la diminution des importations et la création d'emplois (de 21000 (1998) à 35000 (2001)).

I.3. Développement du produit :

Le développement du produit (DP) se trouve lorsque le management d'innovation rencontre la réalité du marché. Cette activité de développement est une étape déterminante dans le cycle de vie d'un produit. Elle en constitue la phase initiale, durant laquelle toutes les spécifications du produit vont être définies de façon à satisfaire toutes les fonctionnalités et les performances exprimées. "La démarche de conception représente l'ensemble des activités, (donc des acteurs et de leurs tâches) qu'il faut organiser au mieux pour transformer un concept "abstrait" en un produit "réel". Les techniques (ou outils) désignent l'ensemble des moyens utilisés lors des différentes activités" [23]. La conception, faisant la phase la plus importante dans la plus part des industries, peut se trouver dans l'un des deux types :

- **Conception prédéfinie** : pour concevoir les produits de complément de gamme et de remplacement. Dans ce type de conception toutes les connaissances à mettre en œuvre sont totalement disponibles et identifiées et l'entreprise connaît à l'avance l'espace des solutions potentielles (Figure 1.2). De plus, les stratégies de conception sont connues à l'avance.

- **Conception nouvelle** : pour concevoir les produits nouveaux pour l'entreprise et sur le marché ; elle se décompose en conception innovante et créative.

Dans le cas de l'innovante, le produit est connu à l'avance en termes de besoin exprimé (non encore satisfait) et de technologies à utiliser, il ne reste que l'identification de la stratégie de développement. La PDT (Equipe de développement du produit) dans ce genre de conception possède plus d'autonomie d'intervention et un espace de recherche de solutions plus large comme l'illustre la Figure 1.2. Dans la conception créative, le produit est inconnu, et "il n'existe aucune solution produit a priori et que toutes les connaissances relatives au produit et au processus de conception sont à spécifier, et l'espace de recherche des solutions n'est pas très contraint (c'est un prolongement de l'espace des solutions potentielles)" [5].

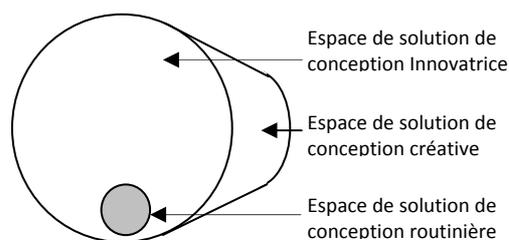


Figure 1.2 : Espace des solutions de conception [5]

Le développement peut être tiré ou poussé, le développement tiré (développement sur mesure, juste à temps ou personnalisé): ce genre de développement exige une gestion Juste à Temps, c'est le client qui excite le PDP qui correspond exactement et strictement à son besoin spécifique. Ce genre de développement est généralement caractérisé par des clients connaisseurs avec un volume de production un peu limité et l'intégration complète du client dans le PDP. Le développement poussé, partant des besoins des clients bien capturés, l'entreprise propose un produit qui répond à la majorité des attentes des clients. Ce genre de développement est caractérisé par un fort volume de production.

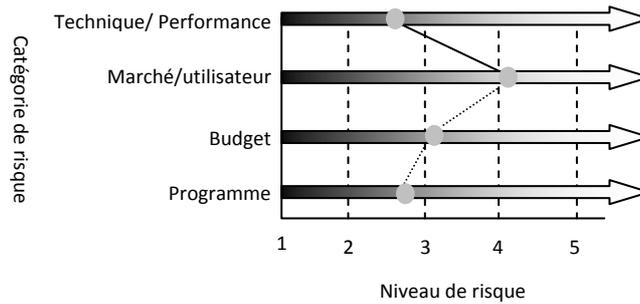
Il existe une solution moyenne de développement citée par Khaled HADJ-HAMOU (13), est celle de la conception par packs : "Le concepteur regroupe toutes les demandes des utilisateurs en plusieurs segments de marché. Chaque segment est caractérisé par un niveau de fonctionnalité sur chaque besoin fonctionnel". Ce genre s'accorde avec la stratégie "Focus" ou la focalisation sur un créneau de Porter.

I.4. Risques de développement :

Les risques associés au développement sont la raison principale qui empêche la plupart des entreprises à se doter d'une stratégie d'innovation. Sachant que le risque est toute possibilité produisant un événement non désiré (ayant des conséquences sur le Qualité-Coût-Délai (QCD) du produit), c'est "l'exposition au danger ou à la perte", il peut être permanent ou instantané, bien que la prise de risque est fréquemment nécessaire pour le succès, l'équilibrage entre risques et récompenses potentielles est un déficit de prise décision économique et de développement à prendre. Un bon PDP doit pouvoir contrôler ou atténuer les quatre types de risque principaux dépendants et indépendants suivants¹ (Figure 1.6) :

1. Risque Technique : considère si un nouveau produit est technologiquement faisable et performe comme prévu.
2. Risque Programme: considère si un nouveau produit peut être développé dans le temps accordé ou disponible.
3. Risque Budget: considère si le produit peut être développé avec les ressources financières disponibles ;
4. Risque Marché: considère si le produit adresse exactement le besoin du client et le positionnement du produit en ce qui concerne la concurrence dynamique.

¹ La littérature DP suggère plusieurs classifications des risques et des incertitudes.



5. Figure 1.6 : Classification des risques

La Figure 1.7 concrétise le risque budget et programme : le temps de rentabilité mesure le temps nécessaire pour récupérer l'investissement en développant un nouveau produit [7]. Cette métrique combine un certain nombre de facteurs: investissement initial de développement, programme de développement (TTM), capacité et qualité du produit, et la production.

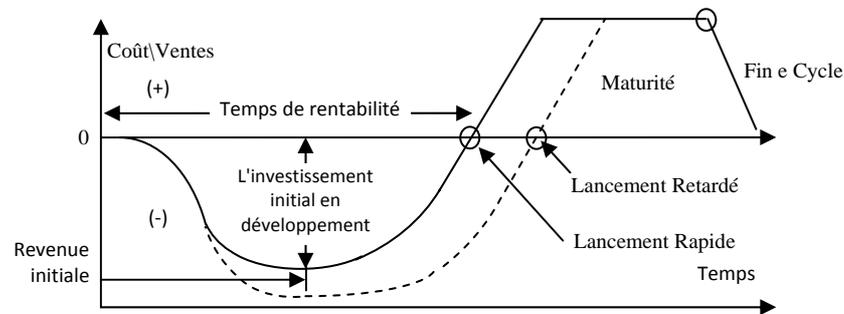


Figure 1.7 : Lancement de produit [7]

Une autre classification de risques est celle citée par Louyot (1994) [4]:

1. endogènes/exogènes: propres à l'entreprise distingués de ceux issus de son environnement;
2. supposés/fondés : les risques fondés (réels) s'appuyant sur des éléments tangibles, par opposition aux risques supposés qui s'appuient sur des hypothèses douteuses ;
3. spéculatifs/accidentels : les risques spéculatifs sont pris en connaissance de cause en vue d'obtenir en contre partie, un bénéfice : ils sont assumés en tant que porteurs potentiels d'opportunités. A l'inverse, les risques accidentels ne sont pas pris volontairement.

Pour gérer les différents risques de développement, le PDP doit se doter d'un système de management de risque, l'identification de quatre étapes pour gérer efficacement un tel risque de développement est nécessaire [1]:

- l'identification des risques susceptibles d'apparaître lors du fonctionnement du système en s'appuyant sur l'historique des projets antérieurs et sur les modèles déjà connus ;

- l'évaluation des risques: l'étude des causes et des conséquences associées à la manifestation des risques en terme de QCD, l'affectation des probabilités d'occurrence, et l'analyse des dépendances entre les risques;
- la classification des risques en termes de gravité pour adapter les moyens de prévention, détection et correction, aux enjeux du projet (Cf. Figure 1.6);
- le traitement des risques : c'est la tâche objective du management de risque qui doit être dynamique souple et flexible.

I.5. Intégration du développement avec la stratégie des affaires :

La stratégie est un facteur important de l'amélioration continue et du succès des projets de développement et des affaires en réduisant l'effort total de développement et s'assurant que les efforts nécessaires pour les projets de développement sont en coordination. Le produit de l'entreprise et l'approche de DP doivent être liés à la stratégie d'affaires. Une stratégie de développement du produit fournit le cadre pour orienter les projets du développement d'une entreprise. La stratégie tient en compte les capacités SWOT de l'entreprise et de la concurrence, les besoins et les opportunités du marché, les objectifs, et les ressources financières. Selon Porter, Il existe deux sortes d'avantage concurrentiel [10] :

- l'avantage par les *coûts* : signifie qu'une entreprise fait preuve de plus d'efficacité que ses concurrents dans le développement et la production d'un produit. A un niveau de prix proche ou égal, l'avantage par les coûts se traduira par une rentabilité supérieure.

- l'avantage par *différenciation* : est la capacité d'une entreprise à fournir au client un produit unique et supérieur aux autres en termes de qualités et de caractéristiques particulières. La différenciation permet d'aboutir à une rentabilité supérieure dans la mesure où les coûts sont comparables à ceux des concurrents.

Le point de départ pour développer une stratégie de développement de produit, est la détermination de son orientation stratégique principale. Hayes et Wheel Wright définissent cinq dimensions à la concurrence [11] :

1. Coût : focalisation sur un coût cible, la conception pour coût, pour valeur, pour fabrication, et avec le minimum d'erreurs ;

2. Qualité (inclus la Fiabilité, la Robustesse et la Flexibilité) : focalisation sur les essais et la qualification; la compréhension des besoins du client. Cette orientation se concentre sur l'assurance de performance du produit.
3. Délais : focalisation sur la réduction des reprises, les ressources suffisantes, la veille du marché et du client et sur le processus de réutilisation.
4. Technologie Innovatrice : la capacité d'innover et de gérer l'innovation. Cette orientation se focalise sur la possession du niveau élevé de performance en innovation.

La métrique exécute principalement trois fonctions différentes [9] : l'évaluation de la performance passée, de l'état actuel et prévoir les futurs résultats, et de motiver les actions future. Les travaux effectués par (Hauser et Katz, 1998), prouvent que les métriques sont inter-liées par une boucle de Feed-Back avec les actions et les décisions [9], et guide ainsi la performance future comme illustré sur la Figure 1.8.

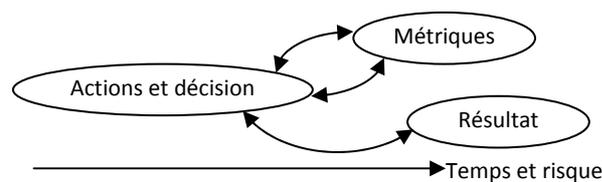


Figure 1.8 : Relation Métriques et future performance [9]

I.6. Ingénierie concourante :

Défini en 1986 pour pallier les différents problèmes engendrés par l'ingénierie séquentielle et faire face la diversification croissantes, et pour ajouter plus de valeur aux produits ; l'ingénierie simultanée est une approche méthodologique qui intègre le développement simultané des produits et des processus associés, incluant la fabrication et le soutien logistique. Ce type d'organisation conduit à l'intervention des métiers aval dès les phases les plus avancées du PDP, et de prendre en compte les connaissances des métiers avants, le plus en amont possible, ce qui permet de mieux cerner les alternatives techniques performantes et de détecter les erreurs très tôt dans le PDP.

La concourance consiste à regrouper au sein d'une équipe de développement différent métiers et expertises afin de travailler simultanément et d'anticiper les problèmes qui pourraient se poser lors des phases successives. La concourance est l'exécution de plusieurs tâches en même temps tout en respectant le consensus et l'interdépendance entre les tâches.

L'ingénierie concurrente s'effectue par une PDT multifonctionnelle menée par un chef de produit responsable de tout ce qui est lié au produit et à son programme de développement. Toutes les fonctions de l'entreprise devraient être représentées, participées et engagées aux décisions prises par la PDT. La PDT qui représente l'exploitation des connaissances accumulées dans l'entreprise, prend toutes les décisions au sujet du développement et de production. Bien que les PDTs doivent se développer et puis diminuer en taille, aucun changement soudain n'est permis (en particulier, aux transitions dans les phases de processus), ceci causerait le manque de continuité. Le nombre de personnes par rapport aux chemins de communication entre personnes augmente selon l'effectif du PDT (N) : $N*(N-1)$ (Cf. Figure 1.96). Les N personnes peuvent se communiquer avec les autres ($N-1$). Par exemple "le développement du Boeing 777 nécessite 17,000 personnes et 4 ans et demi de travail" [8].

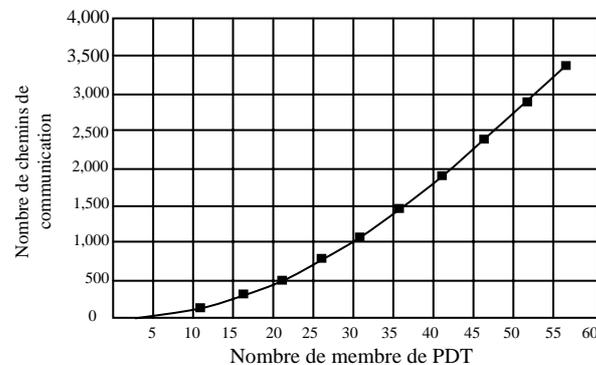


Figure 1.9 : Nombre de Chemins de communication versus nombre de membre de PDT [8]

L'engagement et l'empouvoirement des employés et le management participatif sont une forme de management favorisant la participation aux décisions (faites par les différents niveaux d'exécution, où la focalisation sur les principes de TQM est nécessaire dans ce cas comme illustré sur la Figure 1.10), grâce à l'association du personnel à la définition et à la mise en œuvre des objectifs. C'est un aspect d'une collaboration étroite qui renforce la PDT.

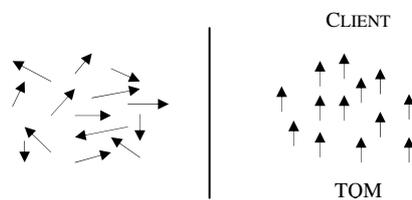


Figure 1.10 : Objectifs communs dans un processus concurrent

Instruire le personnel sur l'utilisation des outils appropriés, un des plus grands défis en contrôlant l'opération simultanée des tâches en corrélation est de faire communiquer le personnel et l'orienter à travailler ensemble en équipe. Cet élément exige : le coût bas, le temps réel, la facilité de l'accès aux sources de connaissance et l'infrastructure.

L'ingénierie concurrente exige l'outil informatique et de communication pour régler les lacunes de l'organisation traditionnelle. Les outils et l'infrastructure changent constamment à la lumière de nouvelles innovations, et de la nature de produit et de l'entreprise.

I.7. Méthodologie de développement du produit :

Satisfaire le client revient à lui proposer au meilleur coût et dans un court délai des produits de qualité, cette dernière doit être visée dès la conception du produit en partant d'une idée provenant de la voix du client (VOC) pour aboutir à un produit ou service répondant aux attentes de ce client. L'entreprise doit donc s'orienter client. Cette disposition d'esprit est illustrée par le QFD (Figure 1.11). Le QFD est un processus systématique qui aide à identifier les besoins du client, les déployer dans toutes fonctions et activités de l'organisation.

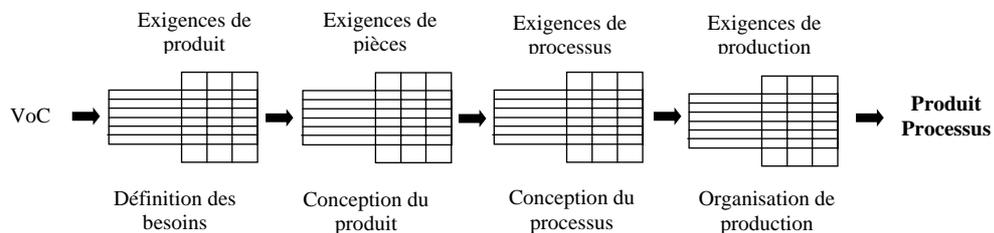


Figure 1.11 : Déploiement de la fonction de la qualité

Les avantages du QFD dans un programme de DP sont :

1. deux systèmes pour assurer la qualité du produit et la qualité du processus ;
2. réduction de l'incertitude de la réussite du produit dans le marché, impliquée dans la conception du produit et du processus ;
3. réduction des délais par la réduction de la reprise et l'engagement de l'équipe ;
4. la satisfaction du client par : l'écoute à la VOC, la conception robuste, le Benchmarking concurrentiel, les corrélations entre les exigences client et les CdPs, les corrélations entre CdPs, l'assurance qualité, et l'amélioration de la fiabilité ;
5. la réduction des coûts par le Benchmarking et les approches de la conception robuste ;
6. la variété et la flexibilité contre les états changeants du marché par la stratégie du produit, la technologie robuste, l'écoute à la VOC, et la communication efficace.

Le QFD compte trois phases importantes :

I.7.1. Phase 1 - concept du produit :

Au début de la phase, on apporte la voix du client (VOC) dans un contexte de stratégie de produit, on développe le concept du produit, et on déploie l'output pour concevoir les

exigences sensibles au client et à la stratégie de corporation. La VOC est introduite, et déployée (traduite) en caractéristiques de produit (CdP), ensuite on développe les attentes en spécifications, qui deviennent les exigences de conception, ces exigences sont les critères de sélection du concept, y compris la minimisation des coûts et l'amélioration de la performance.

I.7.2. Phase 2 : conception du produit :

Dans la phase de conception nous développons le concept du produit en conception générale et détaillée visant la préparation de la production. A la fin de cette étape, le coût, la qualité, et les caractéristiques sont éclairés et les outputs principaux de la phase sont : les schémas des composants et les paramètres critiques, les descriptions du processus, et le choix de fournisseur. La phase de conception est divisée en deux sous-phases:

- **conception des sous-ensembles** : elle a deux voies d'activité : conception squelettique et la détermination de spécifications détaillées du composant.
- **conception des composants** : cette étape effectue la conception de tolérance pour sélectionner le niveau économique de précision des valeurs cibles des paramètres critiques de conception (PCC). Pour chaque caractéristique critique, on sélectionne le matériel, les machines, les outils opérationnels, et les valeurs du paramètre critiques du processus.

I.7.3. Phase 3 : planification du processus et des opérations de production :

Après avoir complété la phase de conception le travail focalise sur la production, durant la phase de conception on a déjà fait allusion à la production. Ainsi la conception se divise entre : produit, Capacité de production, et Maintenabilité. Cette phase de préparation de production concerne la mise en production de la nouvelle conception. La phase de préparation de production se constitue de trois étapes :

- **construction des prototypes et vérification du système** : C'est l'étape de transition de la conception à la focalisation sur la production, elle consiste à la construction des prototypes à partir des schémas de conception, l'assemblage de prototypes, la vérification de la conception d'outillage de production, et la résolution des problèmes de production;
- **préparation de production** : elle consiste à la correction des erreurs de conception de produit et le développement de la capacité de production. À l'accomplissement de l'étape de préparation, on a l'équipement et le processus pour fabriquer le produit. A ce point il

reste l'identification des actions correctives et les domaines qui sont besoin de concentrer l'activité pour assurer une entrée régulière dans la production.

- **pilotage de production** : les objectifs principaux du pilotage de la production sont : la formation du personnel de production, la validation d'outils, les derniers essais de démonstration, l'équilibrage des charges de travail et l'élimination de tous les problèmes avant la production.

Conclusion :

La démarche de l'innovation est un facteur important de réussite de l'entreprise survivant dans un environnement instable s'inscrit tout naturellement dans la recherche permanente d'amélioration, et dans la mise en place d'une stratégie d'innovation s'accordant à défaut d'être une réaction directe aux forces concurrentielles qui caractérise une industrie. Les entreprises américaines génèrent de 60 à 80% de leurs revenus à partir des produits qui ont moins de dix ans. Pour plus de 25% d'entre elles, les produits qui ont moins de cinq ans réalisent plus de 30% de leur volume d'affaires. Certaines entreprises de la nouvelle économie produisant des technologies avancées ont des produits nouveaux de moins de cinq ans représentant 90% de leurs revenus d'affaires [14].

Dans ce chapitre nous avons défini le développement du produit qui nous a permis de positionner l'objet de l'amélioration du processus de développement du produit, les différents risques de développement vont permettre d'identifier les axes de l'amélioration continue et potentielle dans le PDP. Le développement intégré du produit va permettre d'orienter l'entreprise Valeur client, et la stratégie du développement va cadrer ce processus dite "Hors line" dans la stratégie globale de l'entreprise et avec les processus On Line. L'ingénierie concurrentielle va ajouter la simultanéité au PDP en utilisant une PDT qui va améliorer le PDP par la focalisation sur le QCD et sur utilisation de l'information appropriée et des métriques nécessaires pour la prise de décision. Dans le chapitre suivant, nous présentons le processus par lequel le développement du produit, les stratégies de développement, la PDT et les améliorations nécessaires vont être mis en place.

Chapitre II : Processus de Développement du Produit

Introduction

Le développement du produit nouveau est une activité complexe qui consiste à traduire une perception du besoin explicite et/ou implicite des clients identifiés, en une entité; ce développement inclue une série commune d'actions, d'étapes, de tâches, et l'établissement de ces tâches d'une façon organisée constitue le processus de développement du produit (PDP).

Comment, en partant d'une idée (un abstrait) pour mettre un produit (un réel) sur les étagères d'un magasin, ou entre les mains du client ? Cette tâche n'est pas simple, elle se fait par un processus qui s'appelle le développement du produit ; qui commence par une idée et se termine, si tout va bien, avec le produit désiré tout en contrôlant les différents risques en développant un nouveau produit. Ce chapitre présente les caractéristiques d'un PDP par lesquelles les différents PDPs peuvent être définis et comparés tout en décrivant les objectifs, les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.

II.1. Définition du processus de développement :

Un processus, de façon générique, désigne la suite des phases d'organisation d'une opération ou d'une transformation. Dans le domaine de la gestion de la qualité, un processus est un système d'activités qui utilise des ressources (personnels, équipements, matériels, informations) pour transformer des éléments entrants (un besoin) en éléments de sortie (un produit) dont le résultat final attendu est un produit (Cf. Figure 2.1).

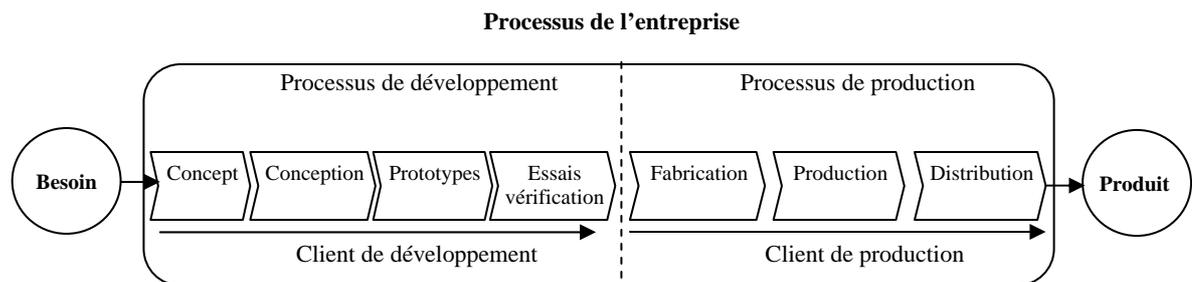


Figure 2.1. Processus de Développement du Produit

Le processus développement du produit (PDP) est un des processus les moins répétés. Il peut se dérouler sur plusieurs années et la durée typique des projets de développement des produits nouveaux s'étend de six mois à six ans. Cela met en question le cycle de vie du produit entier, le retour de l'expérience et la transmission du savoir-faire caractérisant l'organisation.

Le processus de développement est un processus complexe en raison de la gamme des questions techniques qui doivent être abordées, et également en raison de la variété du personnel et de structures d'organisation qui doivent être utilisés au cours de la durée d'un effort de développement de produit. Le DP comporte un grand nombre de décisions dans un environnement fortement incertain. L'incertitude interne et externe pousse souvent le processus de conception loin de la meilleure performance, ayant pour résultat une faible productivité, une durée prolongée et de la valeur diminuée de la solution de conception.

La différence principale entre le processus de développement et de production est dans l'aspect de la valeur de conception qui est beaucoup plus significatif. Le Figure 2.2, présente quelques différences entre ces deux processus.

	Processus de Production	Processus de Développement
Output	biens physiques	information
Futur	moins d'imprévisibilité et d'incertitude	imprévisibilité et incertitude élevées
Répétitivité	processus répétitif	processus One time
Délai	un délai bien déterminé	le travail s'étend au temps disponible
Travail	Le travail est effectué ou non	délais incertains, c'est difficile de déterminer une date finale
Apprentissage	par répétition (probable)	par répétition (moins probable)
Variabilité	risque et variabilité à éviter	Variabilité nécessaire et désirable

Figure 2.2 : Différences entre le développement et la production du produit

Dans le DP, le travail tend à s'augmenter pour remplir le temps disponible, parce qu'il est toujours possible d'améliorer la conception d'une manière quelconque. Comme résultat, il n'est pas possible de planifier le processus de conception dans un ordre d'opérations définies, puisque la plupart des décisions sont affectées par une partie avant laquelle ont été faits et également par d'autres qui sera faite à de futures étapes de projet. De même à la production physique, le DP ne devrait pas être planifié à un certain niveau de détail, puisque c'est un processus fortement imprévisible et incertain.

Avec la diffusion des méthodes de conception systématisées, due au développement des systèmes à grande échelle, les nouvelles méthodes pour gérer le développement du produit, ont apparues. Yazdani et Holmes (1999) ont proposé quatre définitions de modèles de conception, qui illustre l'évolution de la conception séquentielle vers l'ingénierie concurrente.

Le premier modèle, appelé **séquentiel**, représente la forme traditionnelle d'organisation de développement du produit. Les méthodes adoptées dans ce modèle sont fonctionnellement

orientées avec peu d'intégration. Ce modèle ne s'est pas avéré satisfaisant à des pressions industrielles émergentes, c.-à-d. coût, délai réduit et meilleure qualité.

Le deuxième modèle, appelé **modèle centré**, apparu parce que le coût de changement à chaque étape séquentielle était très élevé, et lui est devenu évident que plus de considérations de cycle de vie ont été exigées. Ce modèle n'exige pas une intégration départementale, mais une compréhension des activités avale. Les changements avals de conception sont réduits au minimum, mais le besoin de produits complexes a rendu la tâche de modéliser des considérations avales de plus en plus difficile.

Ce fait a mené à la nécessité d'une plus grande participation des activités avales pour porter toute l'expertise particulière à la phase de conception. Ceci lance le développement **concourant** où l'échange de l'information est plus facilité par l'introduction des équipes multifonctionnelles. Finalement, le **modèle dynamique**, un autre modèle de développement concourant vient d'apparaître en raison de la nécessité d'un degré de communication beaucoup plus intense entre les équipes dès le début du PDP. Une gamme de compétences technique, d'affaires et de gestion de projets, est exigée pour permettre à l'équipe de prendre les décisions nécessaires. Le principe de transformation de la décomposition hiérarchique est habituellement appliqué pour manager le PDP. Ces modèles tendent à avoir être comme conséquence des durées de cycle relativement longues, des taux de reprise plus élevés et un risque plus critique de ne pas répondre aux exigences des clients.

II.2. Phases de développement du produit :

Une phase de développement est liée à une des étapes d'un cycle de développement, indiquant l'état d'avancement à travers les étapes dans le respect des spécifications élaborées aux étapes précédentes et à ce qui reste à accomplir. Les étapes d'un tel processus de développement de produit selon la littérature régnante, incluent¹:

- **Planification du produit:** c'est une étape d'introduction qui inclut l'exploration du marché, la sélection et l'élaboration du concept, l'analyse des besoins en termes de fonctionnalités et de capacités du système, d'affaire et d'utilisation, de spécifications de stabilité, d'ergonomie, d'interface, de maintenance, etc.

¹ Les noms et le nombre de ces étapes sont une forme adaptée et conforme à plusieurs sources et sont relativement communs et acceptés, l'exception est le choix et la nature du processus et d'industrie, l'ordre et la longueur des étapes, la répétition des revues, et l'échanges de l'information.

- **Sélection du processus de conception:** c'est la phase dont laquelle l'entreprise choisit comment procéder le PDP, elle inclut le choix du PDP et implique les différents types de programmes, de modèles, de boucles, et de résultats probables, et les politiques à suivre.

- **Création de spécifications :** cette étape implique l'arrangement initial des spécifications du produit. Cette étape inclus l'établissement et la documentation des spécifications de besoin incluant les caractéristiques.

- **Conception générale :** le développement des concepts associés au produit par la définition et la description technique, complète et la structure finale du produit au haut niveau de l'architecture du produit et du système.

- **Conception détaillée:** c'est la conception proprement dite, cette étape définit complètement et en détail chaque composant sélectionné et validé en spécifiant ses dimensions, ses caractéristiques physiques (matériaux), ses schémas et ses plans détaillés, son coût et une description de son processus d'industrialisation (fabrication, assemblage, etc.).

- **Essai/prototypage:** inclut en plus de la construction et les corrections des prototypes, la vérification et l'analyse du comportement du produit dans les conditions réelles.

- **Validation et Réalisation:** La validation consiste à s'assurer que l'implantation de chacune des spécifications du système est testée et qu'il est prêt à être livrée, cette phase inclut aussi le marketing, la production, le financement, la maintenance, etc.¹

L'objectif du PDP qui inclut ces phases est de fournir une structure pour contrôler les nombreuses incertitudes et risques auxquels les entreprises font face. Les phases et les actions peuvent être alignés dans différentes manières: elles peuvent être prolongées ou raccourcies, vérifiées, répétées, sautées, contrôlées à nouveau, ou réorganisées selon les revues et les flux d'information au sein de l'entreprise. Les entreprises relèvent le défi de concevoir ou de choisir un PDP qui adresse mieux leurs risques.

II.3.Caractérisation du processus de développement :

Caractériser les PDPs exige l'identification des lignes de base qui sont partagées par tous les processus: tous les PDPs utilisent les revues de conception, qui confirment les normes et / ou marquent les phases; et incluent les itérations, qui incorporent des changements et des boucles de Feed-Back entre les groupes de conception ou entre phases de projet. Leur omniprésence fait à ces deux caractéristiques la métrique idéale pour la caractérisation du

¹ Pendant que le client utilise le produit, l'entreprise n'a aucune anticipation d'essai ou de Feed-Back concernant le produit réalisé, et tout Feed-Back qui vient sur le produit va se réaliser dans une future version ou traité par la maintenance.

PDP. Les types d'itérations et de revues et les rapports entre PDPs peuvent être différents, mais tous les PDPs ont au moins une certaine forme des deux caractéristiques.

Les revues et les itérations sont caractérisées par la manière et la variété. Elles peuvent varier en rigidité, en fréquence, en portée, ou en autres paramètres qui affectent le management des risques. Le management du PDP doit équilibrer la restriction, ou la prévisibilité, et la flexibilité. Le PDP se trouve quelque part le long de la flèche sur la Figure 2.3.



Figure 2.3 : Caractérisation du PDP

II.3.1. Itérations et intégrations de conception :

L'itération est techniquement définie comme "*la répétition d'une action ou d'un processus*". Cette signification est portée avec les jugements de la valeur et peut être perçue positivement comme le **renouvellement ou l'amélioration** et négativement comme la **répétition coûteuse**. Connaissant les incertitudes inhérentes en DP, l'itération est inévitable et doit être gérée efficacement. "L'itération peut bien contribuer à l'atténuation du risque technique et à moins pour les risques du programme" [1]. Les étapes de développement comportent des corrections et des Feed-Backs entre eux, entre les personnes, ou les processus interdépendants. Il existe des outils qui structurent le processus d'itération comme le processus PDCA et la structure WV, qui itèrent afin de se servir un Feed-Back. La reprise est une combinaison de Feed-Back et d'actions correctives, est également un type d'itération, mais généralement inutile parce qu'elle est une réponse aux erreurs évitables¹. Il existe plusieurs types d'itérations dans le DP, elles peuvent varier en largeur ou en portée, puis elles peuvent varier en nombre de boucles d'interphase qu'elles nécessitent. Les itérations peuvent varier en degré de planification. Les trois paramètres sont montrés sur la Figure 2.4.

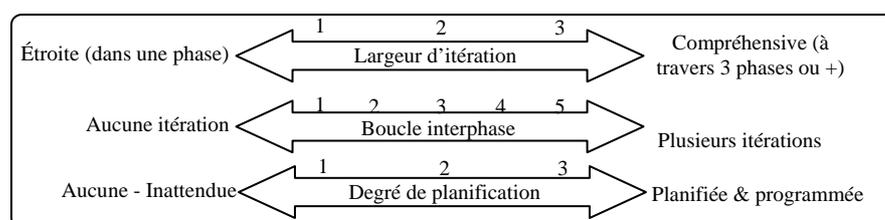


Figure 2.4 : Paramètres de mesure des itérations du PDP [1]

¹ Nous faisons ici la distinction entre l'efficacité et l'inefficacité de l'itération. "L'itération efficace est pour prévenir la perte et surmonter les incertitudes inhérentes aux tâches interdépendantes est plus qu'un simple essai, erreur, et reprise d'effort". [1]

- **largeur** de l'itération (portée ou entendu), peut s'étendre de l'étroite jusqu'au comprehensive. L'itération étroite est inter-étapes. L'itération comprehensive est inter-phases, du concept jusqu'au prototypage (Figure 2.5).

- **Le nombre** de cycles peut être planifié en considérant les contraintes du délai et du budget, où peut dépendre de la satisfaction du client et de l'assurance de la qualité.

- **Le degré** auquel les itérations sont planifiées est également varié. Les processus peuvent avoir des itérations non planifiées, anticipées, ou programmées. Les itérations non planifiées se trouvent quand les erreurs ou les boucles de Feed-Back imprévues exigent un pas en arrière, souvent sous forme de reprise coûteuse. Les itérations prévues sont des itérations qui sont planifiées, mais qui n'ont pas des programmes spécifiques et qui peuvent ne pas se produire, mais le nombre et le temps d'itérations ne sont pas planifiés.

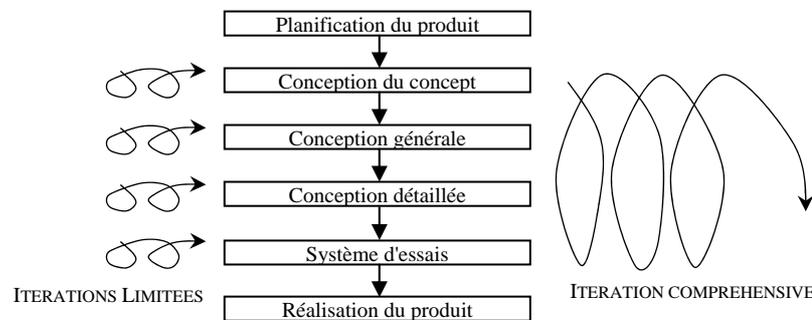


Figure 2.5: Largeur d'itérations dans un PDP [1]

II.3.2. Revus de conception :

Les revues de conception sont des points de contrôle critiques, systématiques, documentés et formels sur les résultats des phases et des étapes du PDP. Comme les itérations, ils sont présents et différents dans tous les PDPs, elles impliquent les points de décision go/no-go et l'évaluation du progrès dans le DP. Les revues sont une autoévaluation par la PDT, et une opportunité pour refocaliser le travail du développement et voir si les activités du développement se combinent pour déterminer si oui ou non, le livrable ou l'output est conforme aux exigences. Comme le montre la Figure 2.6, les revues examinent l'output de l'action précédente et décident la continuation à la prochaine étape.

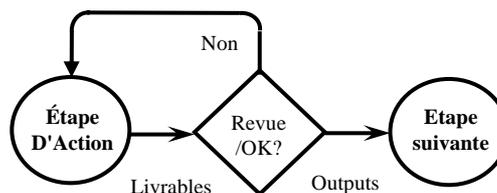


Figure 2.6 : La forme d'une revue de conception

Les revues sont traitées de différentes manières, l'objectif de revues est d'évaluer la réalisation et de s'assurer qu'il n'y a aucun problème dans la conception. Les revues sont internes et exécuté par un groupe de conception ou dans d'autres niveaux du management. Le niveau de la formalité des revues change également ; où quelques unes posent des critères stricts pour réaliser une revue alors que d'autres ne font pas ça. La Figure 2.7 montre deux facteurs caractérisant les revues: *la rigidité et la fréquence*.

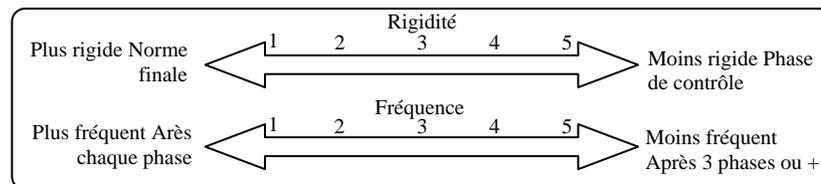


Figure 2.7: Paramètres de mesure des revues [1]

La rigidité de la revue est définie par le degré sur lequel les outputs sont tenus sur des critères précédemment établis. Dans un scénario rigide l'output doit être exactement conforme ou excède les critères. Dans un scénario flexible, les conceptions peuvent passer conditionnellement les revues et peuvent être un simple contrôle d'évaluations de conception ou rapports du statut de développement.

La fréquence affecte le caractère et l'impact des revues dans le DP. Les revues peuvent se produire dans des intervalles réguliers du temps ou dans des intervalles irréguliers. La synchronisation irrégulière peut être due aux retards du programme, à la variation du temps qu'elle prend pour compléter les différentes phases, ou à la variation dans les outputs qui sont le résultat d'une ou de plusieurs phases.

II.4. Types du processus de développement :

II.4.1. Processus en cascade ou en cycle de vie (SGP) :

Le SGP est le type évident et le plus employé des PDP (Figure 2.9). Il se procède en étapes ou phases discrètes, de la planification jusqu'à la réalisation. Les phases intermédiaires incluent (1) le concept et l'analyse des caractéristiques, (2) la conception générale et la conception détaillée, et (3) les essais ou prototypage (Figure 2.9). À la fin de chaque phase on a un point de contrôle, qui se constitue d'une revue de phase pour évaluer si la phase précédente a été accomplie avec succès. Si l'output de la phase est passé en revue positivement, le travail passe à la phase suivante, si non le travail continue ou réitère dans cette phase jusqu'à ce qu'il puisse passer avec succès l'obstacle.

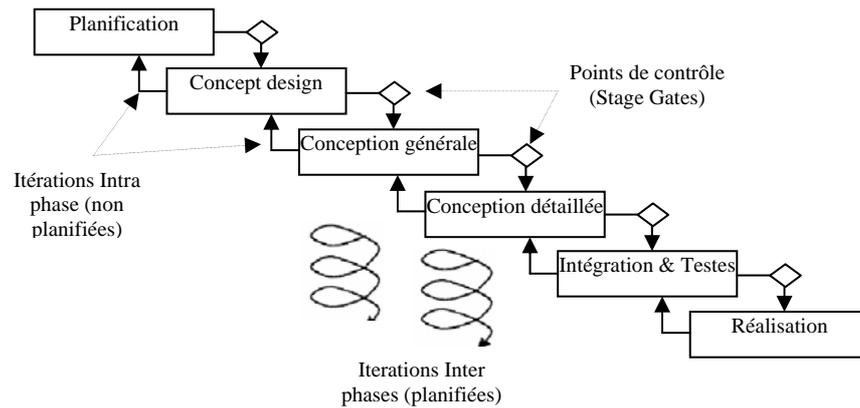


Figure 2.9 : le PDP en Cycle de Vie

Avantages du processus en cascade :

- la structure imposée au développement par la définition du produit et de ses caractéristiques le plus tôt possible. Il se comporte bien dans les cas où les produits ont des définitions stables et des technologies comprises;
- le risque budget est réduit par le travail fait aux premières parties d'un projet ;
- le risque technique est réduit parce que les itérations et les points de contrôle dirigent les SGP à rigidifier la caractéristique le plus tôt possible;
- le risque de qualité est réduit dans les cas où les produits sont dominés par les exigences de qualité plus que celles du programme ou du coût;
- la clarté inhérente du processus permet les prévisions précoces avec le minimum de planification.

Inconvénients du processus en cascade :

- la rigidité (ne change pas) et l'inflexibilité des revues et des itérations étroites qui ne traversent pas les limites de la phase dans un marché dynamique.
- le SGP est un mauvais choix pour les produits non bien définis au début du processus et pour les technologies immatrisable.
- le SGP est un mauvais choix quand le délai est plus important que la fonctionnalité ou la qualité où le progrès peut être retardé par une étape dans n'importe quelle phase.
- la documentation d'un SGP est onéreuse;
- le SGP ne manipule pas bien les tâches parallèles dans les étapes;
- la communication entre les phases non adjacentes est peut être mauvaise.

II.4.2. Processus en cycle de vie modifié :

Le SGP modifié s'est existé pour régler quelques inconvénients du SGP traditionnel (particulièrement la rigidité et l'ordre interchangeable). Les apports de ce modèle sont deux

modifications principales que leur occurrence ensemble n'est pas nécessaire : (1) les sous projets et (2) le chevauchement d'étapes (Figure 2.10) :

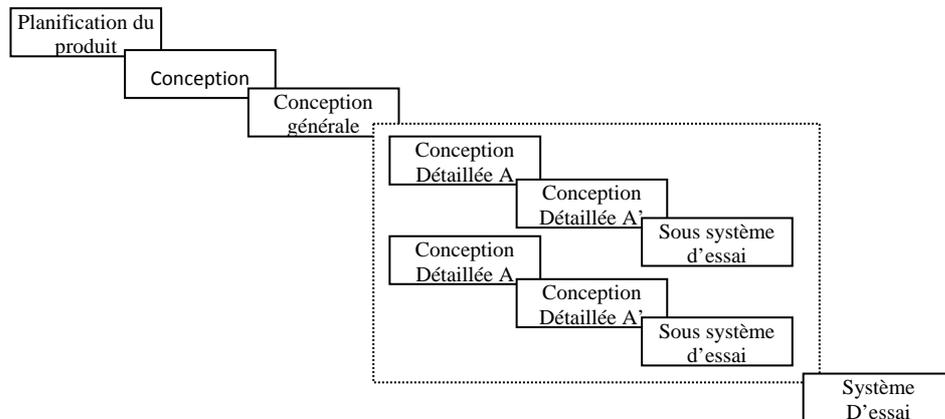


Figure 2.10 : Le SGP modifié (décomposition de phases en sous phases)

Au lieu de laisser les étapes lourdes et difficiles retarder le processus entier, quelques phases peuvent être décomposées en sous projets en parallèle, logiques et quasi-séparables et à laisser chaque sous projet se procéder à son propre rythme pour ne pas gaspiller les ressources et perdre le temps, comme représenté sur la Figure 2.10. L'autre modification est le chevauchement en cascade, où les phases se croisent avant le passage aux points du contrôle. Cette modification règle le problème de continuité et de communication du SGP classique.

Les avantages de ce processus sont les solutions présentées pour régler les inconvénients du SGP classique, alors que l'inconvénient est l'excès de tâches en parallèle qui réduits l'interdépendance et augmente les risques techniques.

II.4.3. Processus en spirale :

Le PDP en spirale¹, Figure 2.11, se distingue du SGP par son accentuation sur l'itération compréhensive. À la différence du SGP, il inclut une série d'itérations prévues qui enjambent plusieurs phases de développement. Ce modèle n'était pas le premier pour discuter l'itération, mais c'était le premier modèle pour expliquer pourquoi l'itération est décisive dans le PDP. Chaque phase commence par un objectif et se termine par une revue du client observant le progrès à ce point de développement.

En dépit de sa forme circulaire (Cf. Figure 2.11), le PDP répète les étapes régulières où chaque boucle l'apporte vers la fin de la conception. La dimension radiale représente les coûts

¹ Défini par Barry Boehm dans son article "un modèle en spirale de développement et d'amélioration de logiciel " 1988.

nécessaires pour accomplir les étapes et chaque mouvement loin du centre reflète le coût additionnel, alors que la dimension angulaire représente le progrès fait en complétant chaque cycle de la spirale. Ce PDP exige l'évaluation du risque dans le projet le plutôt possible, quand les coûts sont toujours acceptés.

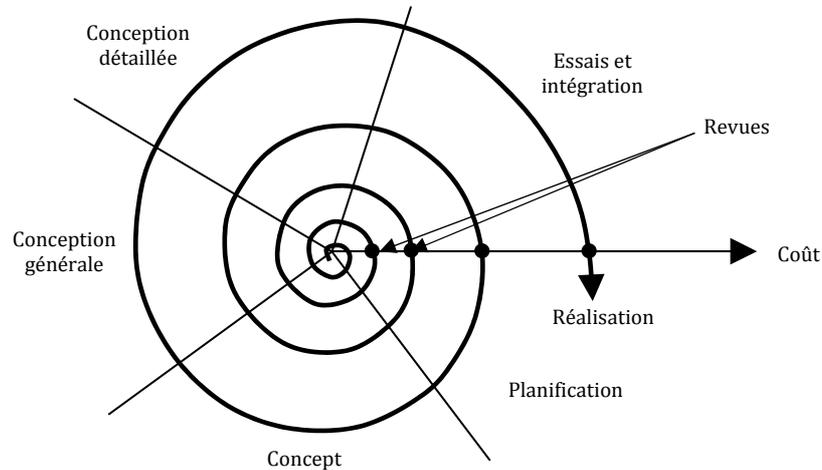


Figure 2.11 : Processus de développement en spirale

Avantages : le PDP en spirale permet un bref aperçu dans le futur en réduisant les reprises onéreuses et augmentant la flexibilité dans les environnements dynamiques qui n'est pas permis par un processus SGP. Le PDP en spirale peut mener au développement d'un produit concurrentiel en termes de délai et de budget en contrôlant les risques le plutôt possible. Ce processus s'adapte bien avec le développement de logiciels où les exigences de qualité sont modérées ou basses (Microsoft adopte ce PDP).

Inconvénients : le processus est sophistiqué et complexe et exige plus d'attention de gestion. Le manque de caractéristiques rigides peut potentiellement mener aux retards dans les délais de fabrication, et il est exigeant pour les projets simples.

II.4.4. Processus de prototypage évolutif (PPE) :

Ce processus concentre sur l'appréhension et l'obtention de Feed-Back rétroagis des prototypes d'un produit. Comme avec les autres processus, l'itération est commune, mais les itérations se focalisent sur le prototypage et la répétition des prototypes jusqu'à la réalisation. La Figure 2.12 illustre le processus. Ce processus permet à l'équipe de changer les exigences entre les constructions de prototype, il est utile dans les applications mal comprises et quand les spécifications initiales sont peu claires et la technologie est immaîtrisable [1]. Cependant, ce processus n'a pas une limite clairement définie; les itérations du prototype doivent continuer jusqu'à ce que les résultats acceptables et ambigus soient atteints, par conséquent le risque en termes de budget et du programme est élevé.

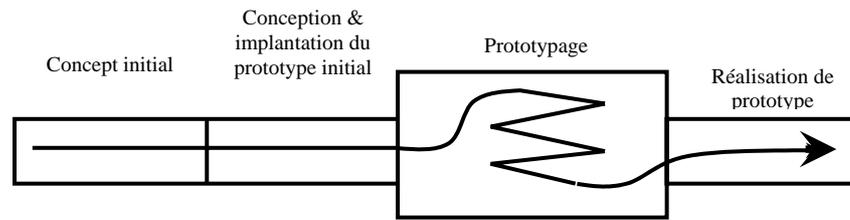


Figure 2.12 : Le Processus de Prototypage Évolutif [1]

II.4.5. Processus Délivrable évolutif :

Le Délivrable évolutif, comme décrit sur la Figure 2.13, est semblable au prototypage évolutif, sauf la focalisation sur la conception. Ce processus inclut une série d'itérations dans sa dernière moitié. Ce processus est flexible en termes de Feed-Back client inclus dans la boucle itérative. Il structure le début du processus formellement, de sorte que la conception détaillée soit un peu isolée du prototypage et de changements des exigences du client. Il peut être regardé comme l'équivalent technique du processus de conception pour programme et conception pour budget.

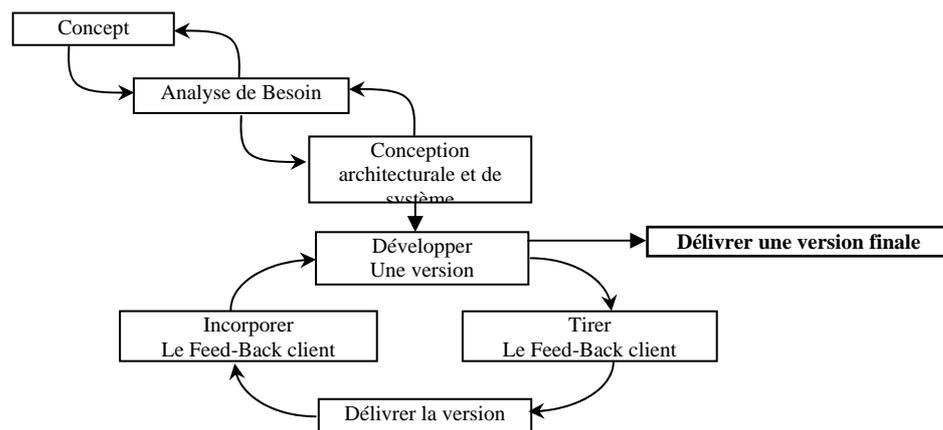


Figure 2.13 : Le PDP Délivrable Évolutif (McConnell, 1996)

II.4.6. Processus de conception pour Programme / Budget (DFP/DFB):

Ce PDP implique un autre type d'itération conçu pour limiter le risque du budget et du programme. La DFP ou la DFB se ressemblent à un SGP dans sa première moitié, mais ils commutent intentionnellement aux itérations interphases pendant sa deuxième moitié (Figure 2.14). Les étapes postérieures de la conception détaillée et d'essai sont fusionnées de sorte que les développeurs peuvent facilement se réitérer entre eux. De cette façon, la DFP et la DFB éliminent la rigidité entre les phases et ajoutent la flexibilité. La disposition des phases peut mener aux itérations plus ou moins contrôlées, donc les itérations doivent être limitées par la qualité, le programme, et le budget. Une fois les tâches sont priorisées, les itérations peuvent

se produire jusqu'à l'atteinte de limite du budget ou du programme. Si les intégrations font partie du processus, le produit peut être réalisé une fois que cette limite est atteinte.

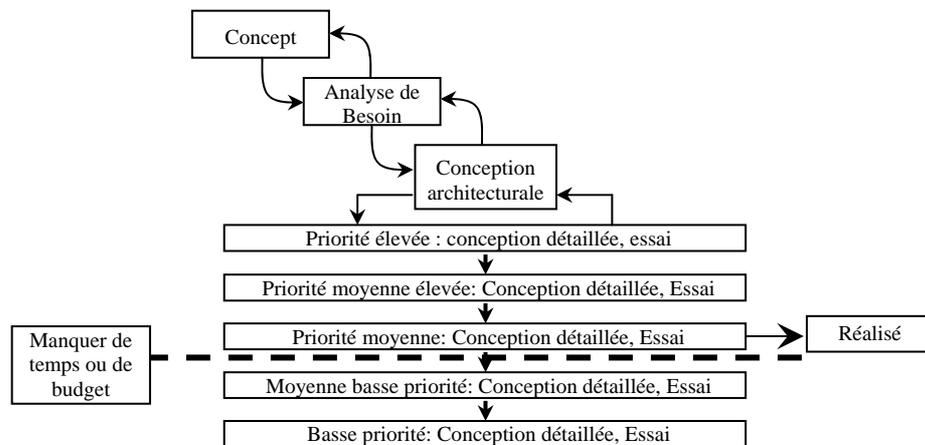


Figure 2.14: La conception pour programme / budget [1]

Ayant les limites budget et programme, ce processus réduit au minimum les risques relatifs parce que leurs résultants favorables sont pratiquement assurés. Dans ce processus, le risque non contrôlé (gauche sur la Figure 2.14) est technique. Les fonctions et les tâches peuvent être moins priorisées ou la date-limite du budget/délai peut arriver pendant que quelques critères à priorité élevé exigent toujours l'amélioration de la conception et de l'essai. Les résultats peuvent être un produit de non qualité ou sans caractéristiques prévues.

II.5.Critères du choix du processus de développement :

Les PDPs incluent beaucoup de types et combinaisons possibles d'itérations et de revues. "Chaque combinaison itération/revue peut agir en tant qu'empreinte qu'identifie ou définit le PDP et qui gère également le risque différemment" [1], (Figure 2.8).

Paramètre	SGP	DFP - DFB	PPE		Spiral	
			Début	Fin		
Itérations	largeur	1	2	1	3	3
	boucles inter	0	non spécifique	0	non spécifique	non spécifique plusieurs
	planification	2	3	2	3	5
Revue	rigidité	1	2	3	3	5
	fréquence	1	2	2	1	non spécifique
Risque	risques géré	technique	programme/budget	marché	marché	marché

Figure 2.8 : Paramètres des PDPs [1]

Les SGP nécessitent des itérations étroites et des revues rigides après chaque étape. A l'inverse, les processus en spirale utilisent des itérations plus complètes et des revues

flexibles après plusieurs étapes. Les PDPs peuvent adresser quelques risques de développement que d'autres. La conception et la mise en application du PDP posent une contrainte au management rassemblant les raisons et la méthode de choix et le changement du PDP, les différences entre processus officiel et processus réel, et la façon de gérer les différents risques. Les différents critères du choix du PDP adéquat sont montrés sur la Figure 2.15¹:

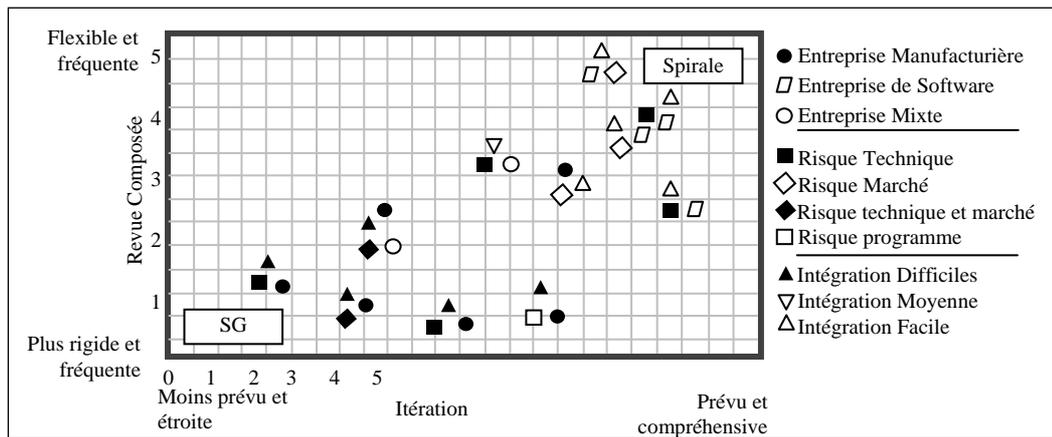


Figure 2.15 Flexibilité du PDP risque prépondérant et capacité d'intégrations et d'essai

II.5.1. Choix par nature d'itération et de revue :

La nature d'itérations et de revues fait un critère du choix important d'un PDP efficace. La figure 2.15 montre les caractéristiques d'itération et de revue où les valeurs élevées d'itération et de revue indiquent une préférence de flexibilité du processus. Les entreprises de logiciel, par exemple, tendent vers la partie supérieure droite du diagramme exprimant une tendance vers un PDP plus flexible où les vies de produits logiciel sont plus courtes, les cycles du développement sont plus rapides et fréquents, et les coûts de prototypages sont bas. Tandis que les valeurs basses d'itération et de revue indiquent une préférence de prévisibilité du processus; les entreprises manufacturières tendent vers la partie inférieure gauche du diagramme parce qu'elles utilisent des revues plus rigides et ont peu d'itérations inter phases. Alors que les entreprises qui ont des processus mixtes, entre manufacturière et de logiciel, sont montrées au milieu.

II.5.2. Choix par risque de développement :

La plupart d'entreprises font face à plusieurs catégories interdépendantes des risques du développement (le risque technique mène parfois aux risques budget et du programme et par

¹ Darian, W. U. a réalisé une étude sur les PDP au sein de dix entreprises Américaines de différents types et taille, il a analysé les différents risques, l'intégration et les essais, les revues et les itérations, et a conclu les résultats montrés sur le Figure 2.15

conséquence au risque marché). Les exigences du marché d'une industrie traduisent beaucoup d'autres risques en risques techniques. L'identification de différents PDPs et de différents risques invite l'exploration de la corrélation potentielle entre PDPs et management des risques, les différents profils de PDPs et de risque ne sont pas des phénomènes aléatoires; plutôt, chaque PDP gère et contrôle un certain risque.

II.5.3. Choix par "Itérations/revues - Risque" :

Les différents types d'itérations aident à gérer différents risques et peuvent fournir le Feed-Back client et réduire de ce fait le risque du marché. Les itérations pourraient aussi (1) réduire le risque technique si les intégrations rapportent le Feed-Back utile (simplicité de la communication par itérations étroites), et (2) réduire le risque budget et programme s'ils évitent les reprises près de la date-limite du programme due aux changements de spécifications. Les revues contrôlent également le risque, en divisant un programme de développement en actions séparées et discrètes, ainsi elles segmentent les problèmes complexes de conception et aident à l'évaluation (revues fréquentes non rigides). Celles-ci peuvent aider à réduire le risque programme ou marché en fournissant des mises à jour sur le progrès du programme et en améliorant l'exactitude de la planification. D'autres revues tendent à chercher des difficultés de conception tandis que l'objectif des revues de phase est de s'assurer qu'il n'y a aucun problème technique de conception. Celles-ci aident à améliorer la qualité du produit et à réduire le risque technique.

II.5.4. Choix par risques / intégrations :

La capacité d'une entreprise d'intégration et d'essai peut également être un descripteur et une cause déterminante critique des PDPs. Souvent l'information ne peut pas être pratiquement obtenue que jusqu'à ce qu'un premier produit soit réellement réalisé. La facilité de l'intégration est la mesure approximative du coût et du temps requis pour une intégration relative à la valeur gagnée par l'essai. De telles intégrations adressent non seulement certains risques en fournissant le Feed-Back de l'information des prototypes, mais représentent également leurs propres risques en coûtant l'entreprise potentiellement le temps et le Budget.

II.5.5. Durées du cycle de développement :

Les entreprises avec une longue durée du cycle sont en particulier adaptées au risque du marché parce que les besoins du marché se changent pour une longue période du temps. Ainsi, les entreprises avec de longues durées du cycle concentrent sur le prototypage et la

participation du client. Réciproquement, les entreprises avec les durées du cycle courtes pourraient se permettre d'ignorer ces efforts de Feed-Back du marché parce que l'analyse conjointe prendrait du temps valable et toutes les améliorations potentielles pourraient être incluses dans la prochaine version du produit.

II.6. Structuration du processus du développement :

L'itération est une caractéristique fondamentale dans les PDP. Steward (24) a développé la Matrice Structurale de la Conception (DSM) pour modéliser le flux de l'information entre les tâches et pour identifier leurs boucles itératives. Ce n'est que pendant les années 90 ; avec les recherches du CIPD que la DSM a suscité l'attention des entreprises dans le domaine de modélisation des processus de conception. "Steward (24) a développé DSM comme étant un outil pour *identifier les rapports de dépendances entre les tâches et pour ordonnancer le PDP*" [15]. Eppinger et al [15] ont modélisés explicitement les Tâches couplées et étudiés les différentes stratégies pour contrôler le PDP. Plusieurs modèles analytiques ont été développés pour représenter les processus itératifs de développement. Ceux-ci incluent les modèles séquentiels, parallèles et couplés.

Les modèles séquentiels d'itération, tâches répétées par une règle probabiliste, ont été mis en application dans plusieurs approches. Smith et Eppinger [15] ont développé un modèle basé sur les Chaînes de Markov en utilisant la DSM pour représenter les probabilités de reprise et les durées de tâche¹. Dans les modèles parallèles d'itération, les tâches interdépendantes fonctionnent simultanément. Plusieurs études ont développé un modèle des processus d'itération entièrement parallèles qui prévoient la convergence de l'itération parallèle. Carrascosa [15] a inclus la probabilité et l'impact des changements des processus stochastiques [2]. Dans les modèles couplés, deux tâches de développement sont couplées pour réduire le délai du programme. Krishnan et al [15] ont développé un cadre pour les tâches séquentielles couplées. Ils ont expliqué des stratégies de couplage appropriés basés sur l'évolution amont de l'information et la sensibilité aval d'itération.

Dans ce travail, on emploie la DSM comme interface pour représenter graphiquement et structurer les flux d'information et ses caractéristiques. Cette méthodologie est complémentaire avec d'autres techniques et ajoute sa valeur de structuration où les modèles précédents ne peuvent pas.

¹ Ahmadi et Wang [16] ont prolongé le modèle séquentiel en tenant en compte les probabilités d'itération et les effets d'expérience. Eppinger [15] a employé les Graphe de flux de Signal pour calculer la distribution de probabilité du délai.

II.6.1. Définition de la Matrice Structurale de la Conception :

La DSM est une méthodologie pour représenter et analyser les composants et leurs rapports dans un système complexe. C'est une matrice carrée qui montre des dépendances entre les éléments du système ; ces éléments peuvent être des composants, des groupes, des processus, ou des activités du produit. Dans un PDP on trouve trois blocs fonctionnels de base pour décrire les rapports et les configurations entre ses éléments (Cf. figure 2.16).

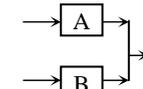
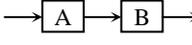
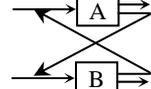
Rapport	Parallèle	Séquentiel	Couplé																											
Représentation Graphique																														
Représentation DSM	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> </table>		A	B	A			B			<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td></td></tr> </table>		A	B	A			B	X		<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td></td></tr> </table>		A	B	A		X	B	X	
	A	B																												
A																														
B																														
	A	B																												
A																														
B	X																													
	A	B																												
A		X																												
B	X																													

Figure 2.16 : Les configurations caractérisant un système de développement

Les éléments peuvent être parallèles (ou indépendants, les éléments du système n'agissent pas entre eux), séquentiels (ou dépendent, un élément influence le comportement ou la décision d'un autre élément), et couplés (ou interdépendant, le flux d'information est croisé). La DSM contient une liste de toutes les activités constitutives et les modes d'échange d'information correspondants.

Les marques X indiquent l'existence d'un flux d'information (ou dépendance) entre deux activités. La lecture à travers une ligne indique les flux d'input par une marque X placée à l'intersection de cette ligne avec la colonne qui porte le nom de la tâche d'input. La lecture à travers une colonne indique les flux de l'information output entre deux activités par une marque X de la même façon décrite ci-dessus. Les tâches couplées représentent un défi dans le PDP dû à la complexité de l'échange de l'information. Ces tâches sont bien courantes et ont besoin de l'information de l'un l'autre pour exécuter leur activité. Il y a deux manières pour l'exécution du modèle itératif :

- dans *l'itération en série* les tâches sont accomplies l'une après l'autre, chaque tâche peut être répétée plusieurs fois jusqu'à ce qu'une solution soit atteinte.

- dans *l'itération parallèle* les tâches sont complétées simultanément avec les échanges d'information fréquents. Initialement, l'information préliminaire (s'appliquant aux tâches couplées où l'échange de l'information est bidirectionnel) est caractérisée, précise et rigidifiée au départ du processus, pendant l'évolution du modèle, l'information préliminaire sera

modifiée par l'effet des flux d'information entre différentes tâches. La reprise exigée dépend de l'état d'accomplissement de ces tâches.

Il existe quatre différents types de données qui peuvent être représentées par une DSM :

1. **DSM Produit** : documente les interactions entre les éléments dans une architecture de système, où différents types d'interactions peuvent être montrés dans cette DSM.
2. **DSM Personnel** : les individus et les groupes participant à un projet et les flux de communication exigés entre ces éléments sont les éléments analysés. Les caractéristiques d'un flux d'information sont : le niveau de détail (général ou riche et détaillé), la fréquence (faible ou à temps réel), la direction (une ou plusieurs), et le timing du flux (rapide ou lent).
3. **DSM Paramètre** : employée pour analyser l'architecture de système basée sur des corrélations des paramètres. Elle est construite par une définition explicite des éléments décomposés d'un système et de leurs interactions.
4. **DSM Processus** : employée pour modéliser les rapports input/output d'activité d'un programme de développement et l'ordonnancement des activités.

II.6.2. Construction d'une DSM :

Les étapes de construction d'une Matrice Structurale de la Conception sont :

1. la définition du système et de ses limites ;
2. l'énumération des éléments du système (étape itérative) ;
3. l'étude des flux d'information entre les éléments du système (étape itérative) ;
4. la représentation matricielle des flux d'information ;
5. l'analyse et l'évaluation de la matrice.

La manipulation de la matrice consiste au partitionnement, au démarquage et à la modulation (cette dernière pour manipuler les DSM Equipe et Composant). Le partitionnement est un processus de manipulation des lignes et des colonnes de la DSM pour éliminer les marques de Feed-Back (matrice triangulaire inférieure) ou au moins les rapprocher à la diagonale. L'algorithme de partitionnement contient cinq étapes :

- identification des éléments pouvant être exécutés sans l'input des autres éléments de la matrice (ligne vide), et les placer au dessus de la DSM (étape itérative) ;

- identification des éléments ne fournissant aucune information aux autres éléments (une colonne vide), et les placer au dessous de la DSM (étape itérative) ;
- s'il n'existe aucun élément dans la DSM après les étapes 1 et 2, la matrice est partitionnée, sinon, les éléments restant contiennent au moins un circuit d'information ;
- détermination des circuits d'information par :
 - méthode d'identification des boucles par "Path Searching" [18];
 - méthode d'identification des boucles par Puissance de la Matrice Adjacente (binaire) ;

Le démarquage consiste à choisir l'ensemble des marques de Feed-Back à enlever pour rendre la matrice triangulaire inférieure. Quand les éléments de la DSM représentent des composants de conception ou des membres d'équipe de développement, l'objectif de la manipulation de la matrice se change pour devenir modulation : trouver des sous-ensembles d'éléments de DSM. L'objectif de la modulation dans la théorie des graphes est de trouver des similitudes entre les éléments et de les grouper ensemble basant sur les critères de similitudes.

II.6.3. Caractérisation de tâche :

Chaque tâche est caractérisée par trois informations différentes: (1) durée, (2) coût et (3) date de départ. Il est important de définir les concepts de l'état d'accomplissement d'une tâche (τ_i) et le temps accumulé de développement (T).

- **Durée** : la durée est la longueur de la tâche supposée non affectée par des changements. La durée de la tâche est représentée par : L_i , $1 \leq i \leq N$, la durée minimale de la tâche. Cette tâche peut être incertaine même si elle n'est pas dépendante aux autres tâches¹.

- **Date de départ** : temps représente l'instant de l'exécution de la tâche dans le contexte global du PDP (Figure 2.17). e_j est le nombre d'UT après le début du PDP, pendant lequel la tâche i est ordonnancée pour s'exécuter pour la première fois: e_j , $1 \leq i \leq N$.

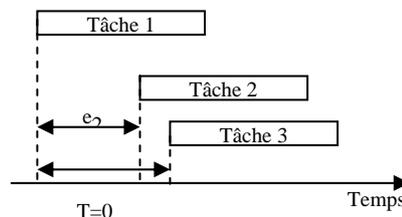


Figure 2.17 : Date de départ de tâches

¹ Incertitude due aux sources internes de changements modifiant le temps d'accomplissement, on suppose que la durée de tâches est déterministe et peut seulement être modifiée par des changements dans d'autres tâches

- **Coût** : le coût de développement d'une tâche comprend le coût des ressources requises dans la tâche (y compris les coûts dus aux changements affectant la tâche). Le coût de la tâche i (par UT) à l'instant τ_i est représenté par : $C_i(\tau_i)$, $0 \leq \tau_i \leq L_i$.

xT_i : est le degré de chevauchement (ou simultanété) entre la tâche i , ayant la durée T_i , et la tâche $i+1$ ayant la durée T_{i+1} . Il représente le pourcentage de la tâche i qui est complétée quand la tâche $i+1$ commence. xT_i s'étend de 0 (simultanété totale) à 1 (débuts en série). Ceci est représenté graphiquement sur la Figure 2.18.

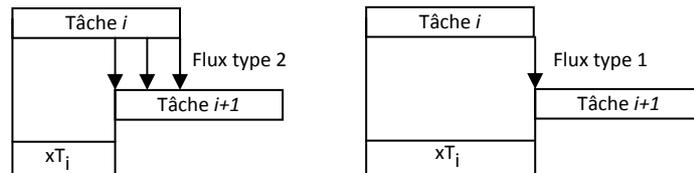


Figure 2.18 : Degré de simultanété et types de flux d'information entre deux tâches

II.6.4. Échange de l'information :

L'information échangée représente les interactions entre les différentes tâches. Elle prend de diverses formes (dimensions, schémas, prototypes, etc.).

- **Probabilité du changement** : la probabilité du changement d'un paramètre représente la probabilité de la valeur changeant le temps global (c'est une fonction de densité qui représente la probabilité que des changements se produisent au-dessus de la durée de la tâche.). La probabilité du changement d'un paramètre est une fonction de l'état d'accomplissement de la tâche qui définit ce paramètre. Deux formes peuvent représenter les paramètres (Figure 2.19), le paramètre est certain et sa probabilité du changement diminue avec le progrès de la tâche. La forme convexe signifie que la probabilité du changement est encore haute près de l'accomplissement de la tâche et le paramètre est encore susceptible d'avoir des changements.

Forme	Tôt	Tard	Constante	Linéaire
Représentation mathématique	$\rho(s) = \frac{3P}{T^3} (T - s)^2$	$\rho(s) = \frac{3P}{2T^3} (T^2 - s^2)$	$\rho(s) = \frac{P}{T}$	$\rho(s) = \frac{2P}{T^2} s$
Représentation graphique $\rho(s)$ densité de changement P changement total				

Figure 2.19 : Probabilité du changement (information définie par la tâche j pour la tâche i)

La forme concave signifie que la probabilité du changement est assez inférieure près de l'accomplissement de la tâche et le paramètre est susceptible de se changer seulement pendant le début de la tâche. La probabilité du changement d'un paramètre défini par tâche i et communiqué vers la tâche j est définie par : $p_{i,j}(\tau_i), 0 \leq \tau_i \leq L_i$.

- Impact du changement : l'impact mesure l'effet d'un changement sur la tâche recevant l'information. L'impact est une fonction du progrès de la tâche affectée et de la taille du changement. Il représente aussi, la reprise exigée (défini par une valeur en UT et une forme) pour une tâche recevant un changement. La valeur représente la reprise exigée quand la tâche est complétée. La forme définit la reprise pour les degrés intermédiaires d'accomplissement de la tâche. L'impact créant des changements dans la tâche j et subis par la tâche i , (Figure 2.20) est : $\sigma_{ji}(\tau_i) ; 0 \leq \tau_i \leq L_i ; \sigma_{ji}(\tau_i) \leq \tau_i$ Le tableau ci-dessous représente ces formes.

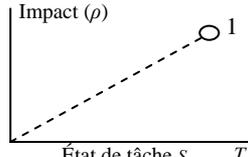
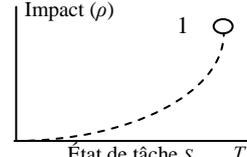
Forme	Constante	Linéaire	Parabolique
Représentation mathématique	$\rho(s) = 1$	$\rho(s) = \frac{1}{T} s$	$\rho(s) = \frac{1}{T^2} s^2$
Représentation graphique $\rho(s)$ est l'impact T durée de la tâche s est l'état d'accomplissement			

Figure 2.20 : l'impact du changement (causé par la tâche j sur la tâche i)

- Courbe d'expérience :

La courbe d'expérience mesure la caractéristique d'une tâche lors sa répétition, $(Ex)i$ pour $i = 1, n$. représente le pourcentage de la durée originale où la tâche i effectue le même travail dans une deuxième fois. Si la courbe d'expérience diminue par $(Ex)i\%$ dans chaque répétition jusqu'à ce qu'elle atteigne $(Exmax)i$ qui est le pourcentage minimum de la durée originale où la tâche i effectue le même travail à plusieurs reprises (Figure 2.21).

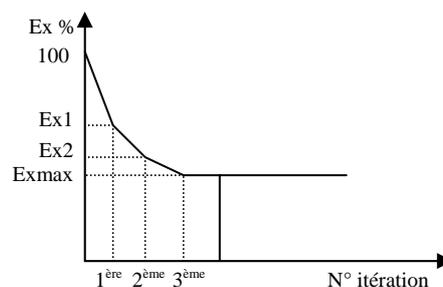


Figure 2.21 : Courbe d'expérience [15]

II.6.5. Procédure de structuration :

La structuration consiste à définir les tâches du PDP et ses caractéristiques, la définition des flux d'information et ses caractéristiques, la représentation DSM et une dernière étape d'analyse [18] comme illustré sur la Figure 2.22.

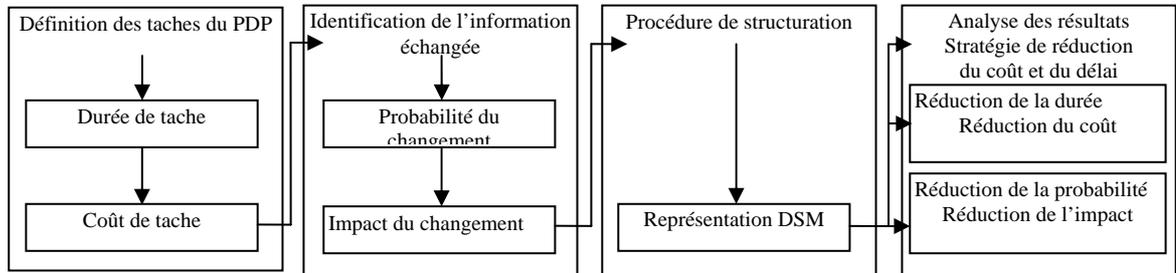


Figure 2.22 : Processus de structuration

- Définition des Tâches et ses caractéristiques :

Cette étape consiste à diviser le PDP en tâches appropriées à un certain niveau de détail, pour capturer et modéliser les flux d'information, et à identifier la durée et le coût de chaque tâche comme montré sur la Figure 2.22.

- Définition et caractérisation des flux d'information :

Cette étape, dans un premier temps, identifie les flux d'informations les plus importants transférés entre les tâches. Ces flux d'information doivent être définis en termes de caractéristiques de probabilité et de d'impact de changement.

- Représentation par DSM :

En employant la DSM, nous pourrions capturer les interactions entre les tâches. La DSM représentée sur la Figure 2.23 montre les phases du PDP de Bag Batna. Sur la Figure 2.23, les cellules diagonales montrent l'information particulière de la tâche.

	Initialisation	Faisabilité	Conception	Prototypage	Essais/valid.	Préparation
Initialisation	6/1	0.125To/1.5C				0.5Ta/1.5C
Faisabilité	0.125To/1.5C	6/1		0.125To/1.5C	0.5Ta/1.5C	0.5Ta/1.5C
Conception			9/1	0.5Ta/1.5C		
Prototypage	0.125 To /4L		0.5 Ta/1.5C	16/1		
Essais/valid.		0.125 To/3L			8/1	
Préparation	0.125 To /3L	0.125To/3L				12/1

Figure 2.23 : Caractérisation des tâches par DSM

Par exemple l'Initialisation du processus a une durée de 6UT et coûte 1U par UT. Les cellules au dessus de la diagonale montrent les flux d'information entre les tâches, chaque cellule caractérise le flux d'information défini par la tâche de la colonne et communiqué vers la tâche de la ligne. Le premier nombre dans les cellules non diagonales (par exemple 0.125 entre Initialisation et Faisabilité) représente la probabilité du changement de l'information définie par la tâche dans la colonne (Faisabilité) et reçue par la tâche dans la ligne (Initialisation); cette probabilité peut être tôt (To), constante, tard (Ta), constante ou croissante (C) comme montré sur la Figure 2.19. Le deuxième nombre dans les cellules non diagonales (par exemple 1.5 entre Initialisation et Faisabilité) représente l'impact du changement de l'information définie par la tâche dans la colonne et reçue par la tâche dans la ligne; cet impact peut être constant (C), linéaire (L) ou parabolique (P). Par exemple, la cellule de la ligne Préparation et de la colonne Initialisation (0.125/3) représente l'information définie par l'Initialisation et communiquée vers la Préparation, ce flux d'information a une probabilité de changement Tôt de 0.125 et un impact linéaire de 3UT (multiplié par le taux d'accomplissement de la tâche).

- Analyse des résultats :

L'analyse de la DSM considère si la DSM est symétrique ou non et l'interaction entre les tâches (séquentielle, parallèle et couplée), l'analyse permet l'identification des changements et précise où se trouve le potentiel d'amélioration et indique les stratégies nécessaires.

II.7. Amélioration du processus :

L'amélioration du processus est la manière de résoudre un problème apparent ou latent. Les objectifs et les aspects de l'amélioration évoluent dans le temps pour une même entreprise et dépendent des impératifs stratégiques. Plusieurs approches et démarches ont été proposées pour améliorer le PDP, surmonter ou atténuer les risques; parmi lesquels, le modèle proposé par [19], trois outils d'amélioration comme représentés sur la Figure 2.24, (1) Outils d'analyse (amélioration contrôle, proactive et réactive) (2) Outils pour gagner la compétence (par la structuration d'outils, le système de formation, et la formation "juste à temps" et la réactivité en ligne) et (3) Outils pour l'exécution du projet d'amélioration.

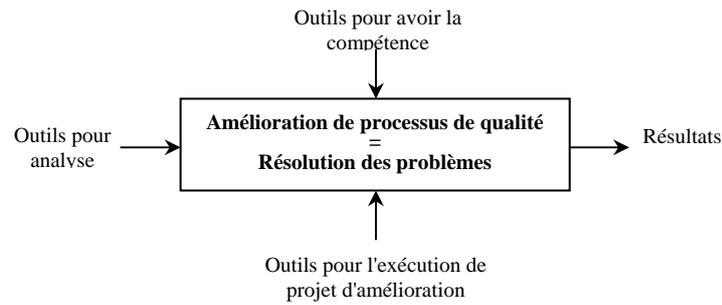


Figure 2.24 : Trois types d'outils pour l'amélioration du processus [19]

Le modèle WV (Figure 2.25), est une démarche de résolution du problème et d'amélioration du processus. Les transitions de haut en bas sur la Figure 2.25 sont la base du modèle WV. Le modèle élabore l'alternance entre la pensée et l'expérience lors de la résolution, le modèle illustre également trois genres différents de solution des problèmes, comme représenté sur la Figure 2.25, l'amélioration contrôlée, réactive et proactive.

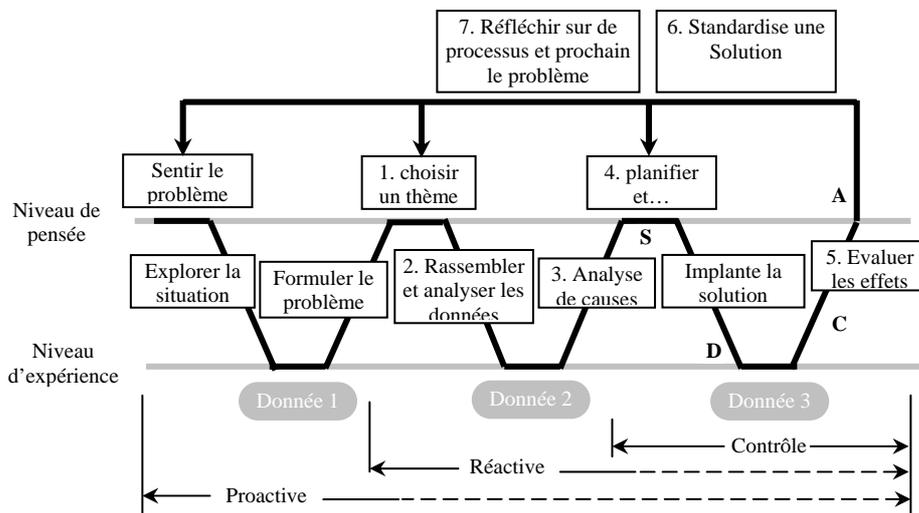


Figure 2.25 : Le Modèle WV [19]

- **L'amélioration Contrôlée** : maintenir un processus ou indicateurs standard pour un processus existant. Ceci est illustré par les lettres SDCA dans la partie du processus du contrôle sur la Figure 2.25.

- **L'améliation réactive**: Alternativement, pour le besoin d'éliminer un problème dans un processus existant (par exemple, les défauts, les erreurs, les retards, et les pertes) d'une manière qui prévient la répétition du problème, ou on peut avoir besoin d'améliorer le résultat ou les performances d'un processus existant.

- **L'améliation Proactive** : le problème peut être pour remplacer un processus existant ou pour créer un processus entièrement nouveau pour réaliser une nouvelle opportunité. La portée d'une situation proactive est souvent plus grande et moins structurée

que pour les situations de contrôle et réactives et peut, ainsi, exiger plus de cycles entre la pensée et l'expérience comme illustré sur le la Figure 2.25.

II.8.Amélioration Contrôle :

La roue de Deming, est une illustration de la méthode PDCA. La méthode comporte quatre étapes, chacune entraînant l'autre. Sa mise en place permettra d'améliorer sans cesse la qualité d'une telle entité (Figure 2.26). Cette amélioration consiste aux étapes suivantes : (1) On a un processus Standard; (2) on utilise ce processus « faire »; (3) on prend les données et contrôler si le processus fonctionne toujours comme indiqué et donne toujours le résultat indiqué ; et (4) on agit pour contrôler les anomalies (Feed-Back et Feed-Forward) convenablement en continuant ce cycle de SDCA.

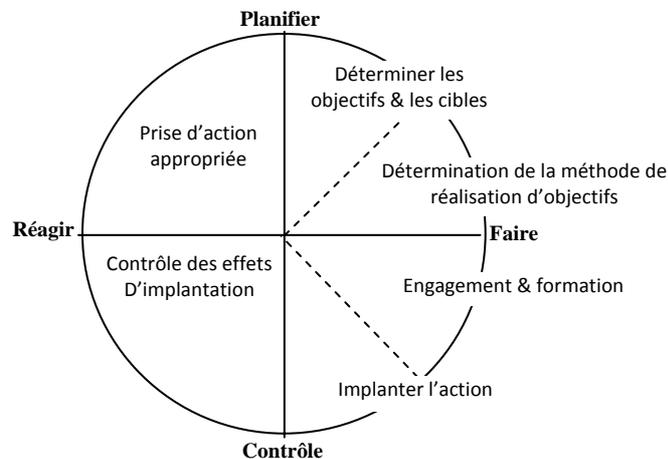


Figure 2.26 : La roue PDCA (Roue de Deming)

- **Planifier** : La première étape consiste à planifier une tâche, (élaboration de CdC par exemple) et l'établissement d'un planning. Pour le développement du produit nouveau, le plan commence par les stratégies appropriées, et décrit les activités à partir de la capture de la VOC (Figure 2.27). Le plan de développement d'un produit spécifique inclut:

- Les objectifs globaux;
- Les activités et programme (Gantt et d'autres outils de management de projet);
- Le programme et les critères de revue de phase et e management des indicateurs clefs ;
- Le processus ou la démarche du développement et le profil ressources.

- **faire** : L'étape faire est la construction ou la réalisation. Dans cette étape le management doit fournir la clarté et la conduite du PDP.

- **vérifier (revues de phases et étapes)** : L'étape vérifier consiste à contrôler si le travail (faire) correspond bien à ce qui était prévu (Plan). Cette étape utilise des moyens de contrôle divers, tels que les indicateurs de performance. Les activités du développement sont réparties en phases et étapes. À la fin de chaque étape, on tient un contrôle de progrès. Les objectifs d'un tel contrôle sont l'identification des objectifs des tâches de conception à clarifiées.

- **réagir**: l'étape réagir consiste à chercher des points d'améliorations; cette étape amènera un nouveau projet à réaliser, donc une nouvelle planification à établir. Il s'agit donc d'un cycle que l'on représente à l'aide d'une roue (Cf. Figure 2.26).

Il existe quatre types d'actions, (Figure 2.27) : (1) Feed-Forward établir un plan pour le programme en cours, (2) Feed-Back pour planifier le prochain programme, (3) Feed-Back pour planifier le développement, et (4) Feed-Back pour améliorer le PDP.

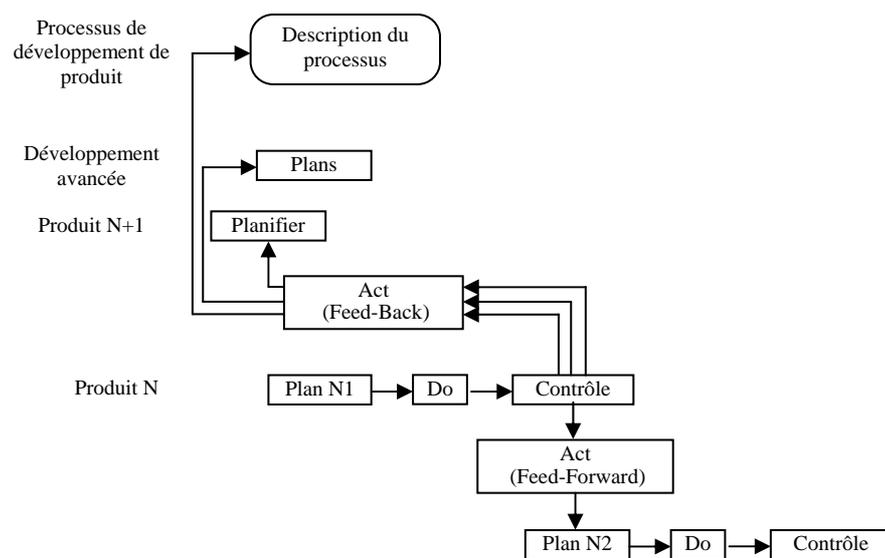


Figure 2.27 : PDCA pour le développement du produit [11]

Conclusion :

Le processus de développement du produit est un facteur majeur affectant le coût, le programme et la qualité du développement du produit. L'amélioration du processus de développement comme objectif stratégique passe par la structuration méthodique du processus de conception et le choix d'un bon PDP en considérant la nature, la taille et le secteur de l'entreprise. La façon de gérer les itérations, et les risques que confronte l'entreprise est une nécessité pour l'entreprise car, aujourd'hui, la compétitivité des entreprises dépend non seulement de la maîtrise des technologies essentielles à leur activité, mais également de leur stratégie et de leur management du processus global de développement.

Ce chapitre montre une grande variété de PDP pour gérer et développer un produit. Les modèles du PDP se distinguent en aspect, en organisation, et en management de risques. Les avantages et les inconvénients uniques de chaque PDP suggèrent qu'aucun PDP ne convienne à toutes les circonstances. Les entreprises peuvent choisir de suivre n'importe lequel, mais il faut savoir lequel à adopter peut régler les problèmes spécifiques. L'amélioration du processus du développement du produit base sur les itérations et les revues du PDP, sur le type du PDP (pour utiliser l'adéquat), sur les risques que confronte l'entreprise, et sur les critères du choix du PDP. Dans le chapitre III, nous voulons établir un modèle issu de la dynamique de système pour rendre le PDP intelligible de sorte à mieux le comprendre et le décrire. Ce modèle va s'intéresser aux activités de développement, à l'assurance qualité et au phénomène des flux itératifs, tout en analysant les caractéristiques de tâches et les critères de performance.

Chapitre III : Modélisation du Processus de Développement

Introduction :

Dans la problématique de développement du produit, l'échange et le partage de données de produit jouent un rôle important dans l'amélioration de la qualité de produits et de productivité. Développer des produits rapidement, mieux et meilleur que les concurrents est devenu critique à la réussite dans beaucoup de marchés. Ceci a fait à la performance des projets de développement du produit un domaine, de plus en plus, important pour l'avantage compétitif. Ces pressions poussent beaucoup d'industries à changer leurs PDP d'un paradigme fonctionnel séquentiel à un paradigme parallèle basé sur une PDT. Cet accroissement de la simultanéité et du croisement fonctionnel de développement, augmente considérablement la complexité dynamique de développement du produit, et pose des difficultés aux modèles employés par les développeurs et les managers pour évaluer, estimer et gérer les PDP.

Lorsqu'on se trouve face à un phénomène aux dimensions multiples, l'un des premiers réflexes est d'essayer d'en élaborer un modèle de compréhension. On attend généralement d'un processus de modélisation *plus d'explication, de description ou de compréhension*, et son aptitude à guider l'action. Nous avons choisi la dynamique de système pour représenter et éclairer la reprise et l'itération, l'assurance qualité et l'inspection, et les autres activités de développement ; et pour analyser les caractéristiques de tâches (durée et coût) et les caractéristiques du flux (probabilité et impact du changement).

IV.1. Modélisation de la dynamique de système :

La dynamique de système¹ est un ensemble d'outils conceptuels qui nous permettent de comprendre la structure et la dynamique des systèmes complexes. La dynamique de système est une méthode de modélisation rigoureuse qui nous permet d'établir des simulations formelles des systèmes complexes sur ordinateur et de les employer pour mettre en place des politiques et des organisations plus efficaces.

La construction d'un modèle Forrestérien démarre par la représentation des différents éléments qui composent le système en termes de stocks et de flux, et les relations établies entre les différentes variables du système modélisé. Les éléments de base du modèle sont : les variables de niveau ou d'état. Elles fonctionnent comme des accumulateurs. Ainsi, les variables d'état représentent des stocks dont la quantité varie à travers le temps en fonction des flux d'entrée et de sortie qui les alimentent et les vident. Les stocks sont utilisés pour

¹ Développé par J. W. Forrester pour étudier les caractéristiques de Feed-Back d'information pendant les années 60.

représenter tant des accumulations matérielles (les individus) qu'immatérielles (la connaissance). La valeur de ces stocks renseigne sur l'état du système à chaque instant (t). A chaque instant (t), un stock représente l'accumulation passée des flux d'entrées et de sorties.

Les flux transitent par le réservoir et en modifient donc l'état. Ils déterminent les variations dans les différents niveaux du système. Les vannes contrôlent les débits des différents flux. Chaque vanne peut être considérée comme un centre de décision, recevant des informations et les transformant en actions. En l'absence de flux, aucun changement dans les stocks n'est possible. Les variables auxiliaires apparaissent dans le canal d'information. Elles peuvent être une constante, ou une fonction tabulée en fonction du temps (t) ou d'une variable quelconque. Ces variables auxiliaires sont très utiles pour intégrer de l'information qualitative.

IV.2. Approche de modélisation :

La modélisation et la décomposition du PDP en activités sont nécessaires pour organiser le travail du PDT et diriger ses efforts. Cependant, la modélisation du processus de développement est plus difficile que celle de production en raison de la grande variété ; de la répétitivité, et du niveau élevé de l'intervention humaine. Dans ce chapitre, nous développons un modèle pour comprendre les processus impliqués dans le PDP.

IV.2.1. Description du modèle de processus de développement :

Beaucoup d'aspects de projets influencent la performance du PDP (Figure 3.1) :

- les ressources, la quantité et l'efficacité des ressources contraignent le régime auquel différentes activités sont exécutées en limitant la capacité de développement ;
- la portée du projet, définit l'accomplissement en décrivant la quantité du travail exigée pour finir chaque phase de développement ;
- les objectifs du processus de développement, les cibles décrivent les niveaux acceptables de performance et les priorités du projet.

Le processus de développement décrit les flux du travail dans les phases et les tâches de développement. Les caractéristiques d'un PDP décrivent :

- la difficulté relative des activités de développement ;
- les rapports de simultanéité entre les activités ;
- les retards tels que la découverte d'une défectuosité et l'itération intra et inter phases.

Une description plus appropriée de dynamique de développement doit comprendre :

- les flux itératifs du travail ;
- les activités distinctes de développement ;
- les contraintes du travail disponible.

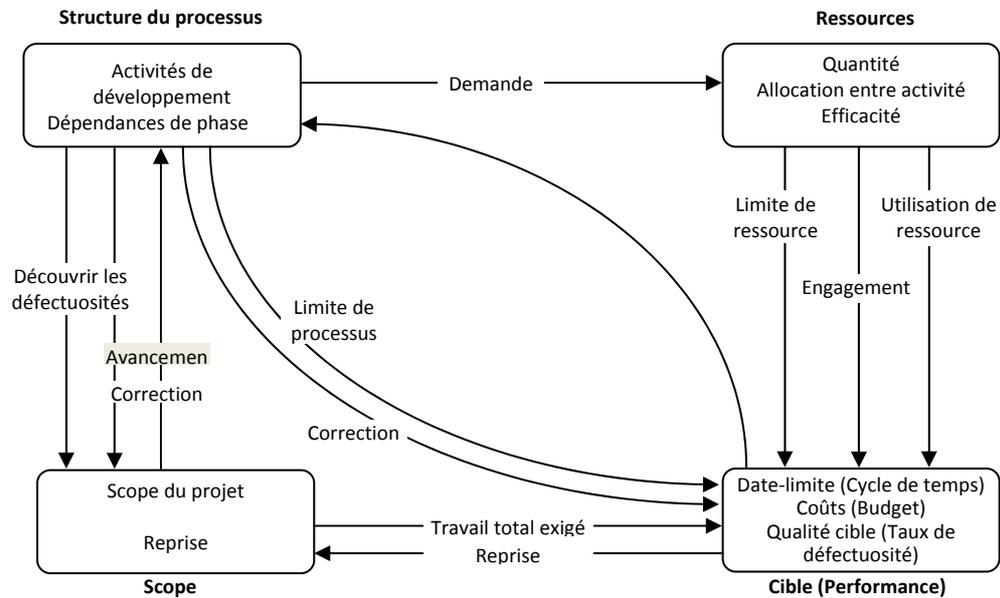


Figure 3.1 : Structure d'une Phase du PDP [17]

La Figure 3.1 montre les interactions principales entre phases, y compris les structures de cibles, les contraintes de ressource et l'élaboration d'une demande de ressources par des processus internes de développement. Les flux entre phases et étapes du PDP, (Cf. Chapitre II), montrent plusieurs formes d'interaction interphases, comprenant :

- l'avancement dans les phases amont contraignant le progrès des phases aval dépendantes.
- les défautuosités nécessitant la correction (commettes par les phases amont et héritées par les phases aval) ;
- la correction des défautuosités exige la coordination entre la phase qui a découvert la défautuosité et la phase qui a produit la défautuosité.
- la performance du programme (qualité, délai et coût) dans les différentes phases influençant la conformité du projet.

Les ressources, la portée et la cible du processus de développement influencent les activités de développement. Nous décrivons le développement du produit par trois activités :

- l'exécution initiale d'une tâche (EI) ;

- l'assurance qualité : l'inspection des tâches (AQ) ;
- le travail sur les tâches initialement exécutées pour corriger les défauts ou améliorer la qualité (IT) ;

Les boucles de feedback principales de la structure du modèle sont montrées sur la Figure 3.2. La boucle négative décrit la réduction du nombre de tâches disponibles pour l'EI pendant que le travail avance. Pour tout projet donné, un temps moyen est requis pour exécuter les activités de développements, indépendamment à la quantité ou à l'efficacité des ressources. Ces durées moyennes du processus seront les caractéristiques spécifiques d'un PDP. Le modèle emploie trois caractéristiques pour décrire une phase du PDP : l'itération circulaire, les activités de développement et la simultanéité dynamique.

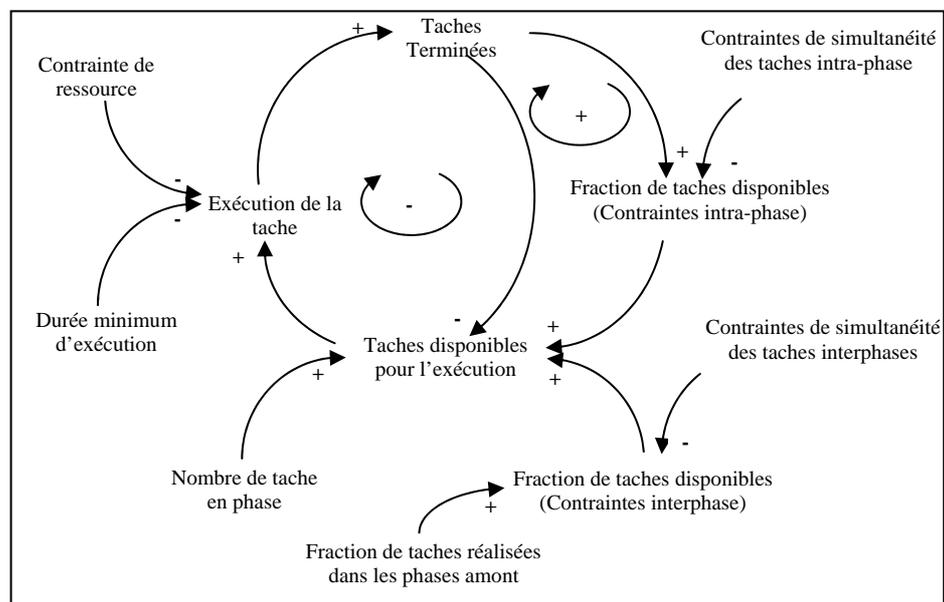


Figure 3.2 : Boucles de Feedback dans une phase de développement

IV.2.2. Hypotheses de modélisation :

La modélisation permet de représenter les phases d'un processus liées dans un réseau comprenant des rapports de simultanéité, y compris les rapports de dépendance séquentiel, parallèle, partiellement concourant et autres. L'unité principale qui traverse un projet est la tâche de développement. On suppose que les tâches dans une phase sont uniformes dans la taille et exécutable ; de plus on suppose que :

- les tâches sont assez petites pour être défectueuses ou non, mais pas partiellement ;

- les activités de développements ne peuvent pas être s'exécutées simultanément¹ ;
- l'interaction entre chaque paire de tâches est définie par deux paramètres, chacun définis par une tâche et communiqué à l'autre tâche ;
- la découverte simultanée de la même défectuosité héritée par de multiple phases en aval est assumée insignifiant ;
- le modèle ne tient pas en compte aucune politique de contrôle mis en application.

IV.3. Présentation du modèle :

Dans ce modèle, chaque phase est représentée par une structure adaptée (Figure 3.1) pour refléter une étape particulière dans le PDP. Le modèle emploie, pour le mesure de la performance du PDP, trois mesures : délai (la durée de cycle), qualité (les défauts) et le coût (Coûts Cumulatifs) ; et trois caractéristiques pour décrire une phase: l'itération circulaire, les activités de développement et les ressources. Le modèle emploie aussi d'autres mesures pour mesurer la performance des ressources (PDT).

IV.3.1. Structure générique d'une phase :

Le modèle de processus de développement est un ensemble de stocks et de flux issus de la dynamique de système, les tâches passent par quatre états :

- Tâches Exécutées Non Vérifiées (TDEI) ;
- Tâches A Itérer (TAI) ;
- Tâches Approuvée (TA) ;
- Tâches Relâchées (TR).

Et cinq variables de flux :

- Exécution Initiale (EI) ;
- Découvrir un Tâche Défectueuse (DTD) ;
- Itérer la Tâche (IT) ;
- Approuver la Tâche (AT) ;
- Relâcher la Tâche (RA).

¹ L'AQ exige que l'EI soit complète et la correction du travail défectueux exige qu'aucun défaut n'ait été découvert par l'AQ.

IV.3.2. Déroulement des activités :

Les Tâches s'accablent en stock TDEI. Si aucune tâche n'est défectueuse ou si ces défectuosités ne sont pas encore découvertes par l'assurance qualité (AQ), les tâches quittent le stock TDEI passant par le flux AT vers le stock de TA. Les TA sont, par la suite, relâchées par le flux RT vers le stock de TR. Ceci représente le transfert de tâches au client interne ou externe. Les tâches défectueuses, découvertes par l'AQ, déplacent par le flux "découvrir une tâche défectueuse" (DTD) provenant du stock de TDEI vers le stock de TAI (Figure 3.3). Ces tâches sont corrigées ou améliorées par l'activité Itérer la Tâche (IT) et retournées en stock de TDEI. Les défectuosités peuvent être produites pendant l'accomplissement initial ou pendant l'itération¹. Quatre équations différentielles sont extraites de ce modèle, ces équations décrivent les flux de tâches pour toute phase j dans un processus à n phases où $j \in \{1, 2, \dots, n\}$:

$$d(TDEI)/dt = IT - EI$$

$$d(TAI)/dt = EI * (1 - AQ) - IT$$

$$d(TA)/dt = EI - IT$$

$$d(TR)/dt = RT$$

Le taux d'EI base sur le stock de tâches disponibles pour l'EI (TDEI), sur la durée moyenne de l'EI (DEI) et sur la contrainte de ressource (CREI). Une augmentation du taux d'EI augmente le nombre de tâches exécutées, qui diminue le nombre de TDEI et réduit le taux EI. La durée moyenne d'activité du processus est le temps moyen requis pour compléter une activité de développement si toute information requise, matériels et ressources exigés, sont disponibles et aucune défectuosité n'a occurrence. Cette durée décrit un temps constant que le processus impose au progrès pour que l'activité soit exécutée rapidement.

Dans ce modèle nous illustrons les durées moyennes que nécessite une activité de développement pour décrire le rôle de :

- la durée moyenne exigée par l'AQ pour découvrir les tâches défectueuses (DAQ) ;
- la durée moyenne d'itération pour corriger les défectuosités (DMI) ;
- la durée moyenne de coordination interphase (DMCInt).

Trois activités de développement conduisent les flux des tâches dans chaque phase du processus: l'EI, l'AQ et l'itération ; chaque activité exige en même temps la disponibilité de ressources suffisantes et l'information nécessaire. Par conséquent le taux de progrès pour

¹ Quand ces erreurs ont occurrence elles ne sont pas immédiatement découvertes jusqu'à l'occurrence d'une revue.

Le travail disponible pour l'activité d'itération est le nombre de tâches exigeant l'itération. Par conséquent le taux moyen d'itération est : $IT = \text{Min}(CRI * Prod, TAI/DI)$ ¹. D'une façon similaire, le travail disponible pour l'activité d'AQ est le nombre de TDEI. Par conséquent le taux moyen de l'AQ base sur le flux normal de l'AQ et l'effet de la productivité et du programme sur l'AQ : $AQ = AQN * EFAQ * \text{Min}(CRAQ * Prod, TENV/DAQ)$.

Les deux flux basant sur l'activité de l'AQ comprennent une modélisation explicite de la génération et de la découverte des défauts². Nous modélisons les taux de défauts avec : la probabilité de l'existence d'une défauts ($p(TD)$) et la précision de l'AQ avec la probabilité de découvrir une défauts ($p(DD)$). Le nombre de tâches trouvées défauts est : $DTD = TENV * AQ * pTD * pDD$, et le taux AT est : $AT = AQ - DTD$.

Le taux d'EI est formulé pareillement aux taux d'itération et d'AQ. Le taux d'EI est basé sur : CR_{EI} , la DEI et le TDEI (Figure 3.3) :

$$EI = Si (PPF), Alors (0), Sinon \text{Min}(PDT * Prod, EIE)$$

Dans ce modèle l'allocation des ressources implique l'EI par le coût de l'effort de PDT (CPDT). L'exigence en PDT (EPDT) est le rapport entre l'EIE et la productivité (Prod).

Les deux mesures les plus importants dans un projet de développement sont le coût total (CCT) et le délai total du projet (TTM). Le modèle prend en considération les critères du programme de développement pour superviser le TTM et garder le PDP dans les délais : $TTM = f(PPF1 = 0, Temps, 0)$. Si nous fixons un TTM, nous pouvons calculer le temps écoulé à l'instant (t), puis le stock TDEI peut nous procurer du rythme optimal de l'EI :

$$EIE = Si (PPF), Alors (0); Sinon (XIDZ(TDEI, TPR, EIM))$$
³

$$d(CCT)/dt = CTPDT \text{ et } TTM = f(PPF1 = 0, Temps, 0)$$

Le nombre de TDEI dépend du rapport de simultanéité interne du processus (RSIP). Une phase peut avoir des activités multiples, pas nécessairement celles qui peuvent être exécutées indépendamment. La boucle positive représentée sur la Figure 3.2, modélise l'augmentation du nombre de tâches, ce qui deviendra disponible pour l'EI comme travail terminé. Le

¹ La valeur de DI exige la considération des différents types d'erreurs qui se produisent.

² Nous supposons que l'AQ n'est pas parfaite et quelques défauts sont manqués.

³ Cette formulation garde l'EIE inférieur que l'EIM en utilisant la fonction (Min). La fonction XIDZ (X si divisé par zéro) divise le TDEI par le temps du programme restant (TPR) sauf lorsque le TPR soit 0, il renvoie l'EIM.

nombre de TDEI peut également être contraint par des phases amont. Nous modélisons ces contraintes inter phases avec le rapport de simultanéité interne de processus RSIP.

Les TDEI sont ceux qui peuvent être réalisées avant ceux pour lesquels l'EI a été déjà complétée. Par conséquent le nombre de TDEI est la différence entre le total de tâches disponibles (TTD) et les tâches qui sont initialement complétées d'une manière satisfaisante (TPS) ou attendant l'itération (TAI). Un grand nombre de défauts peut réduire la Fraction de Tâches Satisfaisantes (FPS) tandis que le taux d'EI est inférieur. Ceci peut réduire le TTD à un niveau au-dessous du nombre de TAS ou pour être itéré, entraînant un nombre de TDEI négatif (Figure 3.3):

- $TDEI = \text{Max}(0, TTD - (TPS + TAI))$
- $TTD = PP * FSID$
- $TPS = TENV + TA + TR$

La FSID est une fonction de la FPS. La fonction est définie par le rapport de simultanéité interne de processus (RSIP). La FPS est le rapport entre TPS et la PP : $FSID = f_{RSIP}(FPS)$. Les TAI ne sont pas incluses parce que les tâches défectueuses connues ne rendent pas le travail supplémentaire disponible : $FPS = TPS/PPI$.

IV.3.3. Simultanéité interne et externe du processus :

Les rapports de simultanéité interne du processus (RSIP) décrit l'inter dépendance des tâches dans la phase. Les RSIP captent le degré de simultanéité des tâches associées dans une phase, y compris les changements possibles du degré de simultanéité pendant l'avancement des travaux. Comme représenté sur la Figure 3.4, tous les (RSIP) pour les projets faisables doivent se trouver au-dessus de la ligne 45°.

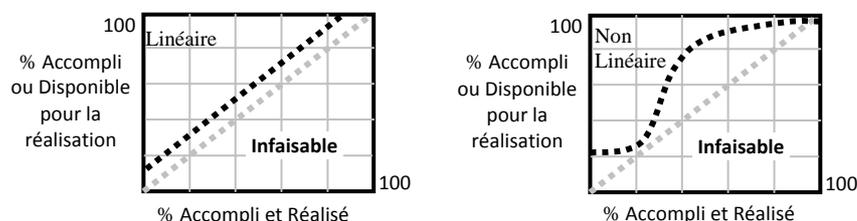


Figure 3.4 : Rapport de simultanéité interne du processus [17]

Dans la zone faisable une variété de formes fonctionnelles est possible, comprenant des rapports non linéaires de simultanéité. Les processus les plus concourants sont décrits par des

courbes près de l'axe gauche du graphe. Au niveau des phases du processus, la modélisation considère deux caractéristiques importantes : le Rapport de Simultanéité Externe du Processus (RSEP) et la Coordination.

Un rapport de Simultanéité Externe du Processus (RSEP) ; décrit le travail fait dans une phase aval basé sur le taux du travail relâché par une phase amont. L'objectif des RSEP est la description des dépendances des phases de développement l'une sur l'autre le long de la durée des phases. Ils décrivent un rapport dynamique (linéaire ou non) entre les phases de développement en permettant à l'output de se changer au cours de la durée du projet selon les conditions courantes du projet. Les RSEP peuvent être appliqués à partir de n'importe quelle phase amont de quoi elle dépend. Le TTD pour l'EI est basé sur le minimum de contraintes mises par le RSIP de la phase (FSID) et les RSEP (FSED) qui lie la phase avales aux phases amont : $TTD = PPI * Min(FSID, FSED)$.

La fraction de Tâches disponibles due au RSEP (FSED) est le minimum des contraintes entre la phase et chaque phase amont dans le processus ($FSED_i$). La fraction disponible due à chaque contrainte est une fonction de la fraction des TR de la phase amont ($FTRam_j$). La fonction est définie par le RSEP ($SEP_{i,j}$) entre la phase avale (j) et chaque phase amont (i). La $FTRam$ est le rapport entre le nombre de TR par la phase amont (TR_j) et la portée de la phase amont (PP_j) : $FSED_j = Min(fSEP_{i,j}(FTRam_i))$ pour $i \neq j$, et $FTRam_i = TR_i/PP_i$.

Les RSEP décrivent des processus de plus de simultanéité avec des courbes près des axes supérieures et gauches du graphe de SEP et des processus de moins de simultanéité avec des courbes près des axes inférieures et droites. La Figure 3.5 illustre plusieurs RSEP possibles. Les exemples (a, b, c et d) illustrent comment les RSEP peuvent être employés pour décrire les rapports interphases (souvent utilisé par CP et PERT).

Les exemples (e et f) montrent les rapports interphases qui peuvent être décrits avec la SEP. Différents niveaux de simultanéité entre les phases peuvent être décrits avec des RSEP en changeant la forme de la courbe. Par exemple, la Figure 3.5.e décrit un rapport interphase dans lequel la phase aval peut effectuer au même régime que la phase amont. La Figure 3.5.f décrit un rapport interphase dans lequel la phase aval doit attendre jusqu'à ce que la phase amont ait relâché 20% de ses tâches (degrés variables de simultanéité potentiel).

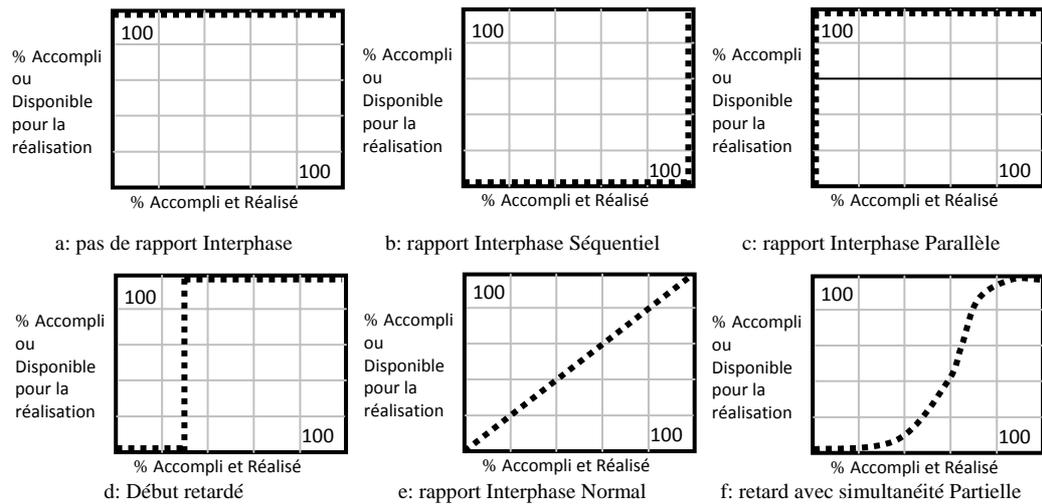


Figure 3.5 : Cas de simultanéité externes du processus [17]

IV.3.4. Coordination :

La coordination décrit les effets de défauts interphase relâchées et héritées. Cette modélisation explicite de la coordination va permettre de distinguer deux types importants de défauts produits dans le processus de développement :

- défauts provoqués par des facteurs internes d'une phase de développement ;
- défauts provoqués en employant le travail défectueux des phases amont.

Les tâches exigeant la coordination interphase s'accumulent en stock de Tâches à Coordonner (TAC) avant qu'elles soient coordonnées et déplacées au stock de TAI (Figure 3.6). Deux flux remplissent le stock TAC : les tâches découvertes défectueuses transmises par le flux des phases amont (TDEI), et les tâches défectueuses qui ont été relâchées et découvertes par une phase aval et retourné pour la coordination et l'itération par le flux de coordination dû à l'AQ aval (CAQav). Les tâches quittent le stock de TAC et entre dans le stock de TAI par l'activité de coordination (Coord).

Par conséquent, les équations du TAC, de TDEI, de TAI, de TR, d'AT et de TDEI reflétant la coordination selon le modèle illustré sur la Figure 3.6, sont :

- $(d/dt)(TAC) = DTDInter + CAQav - Coord$
- $(d/dt)(TENV) = EI + IT - DTDIntra - DTDInter - AT$
- $(d/dt)(TAI) = DTDIntra + Coord - IT$
- $(d/dt)(RT) = RT - CAQav$

- $AT = AQ - DTDIntra - DTDInter$
- $TDEI = Max(0, TTD - (TASD + TAI + TAC))$

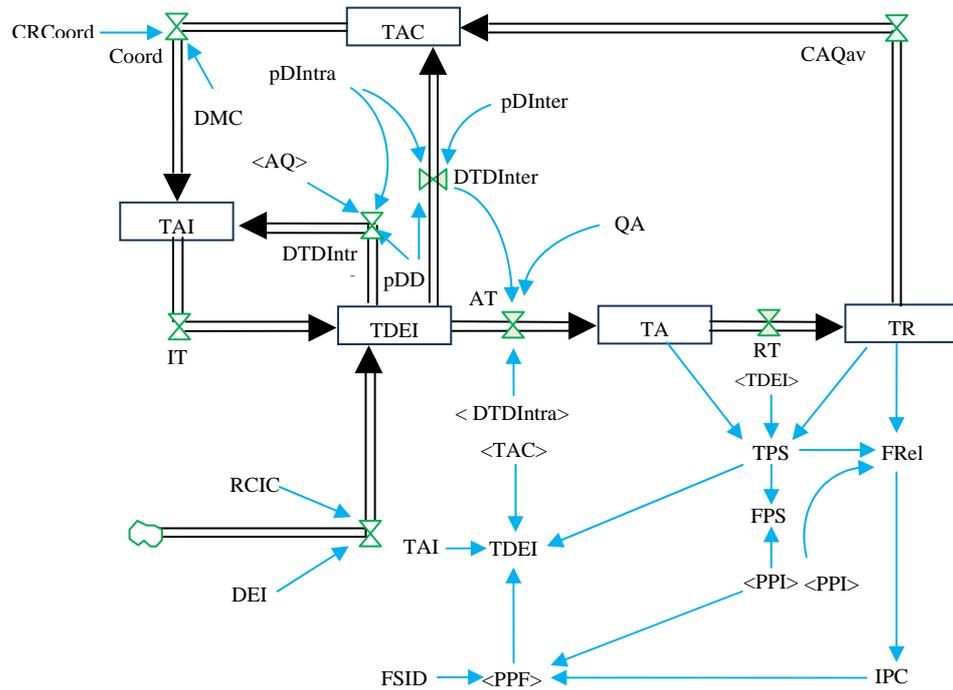


Figure 3.6 : Structures de coordination interphases

La modélisation des $DTDIInter$, exige la distinction des défauts produits intérieurement et extérieurement. Nous modélisons les défauts internes avec la structure de co-flux avec une structure similaire à la structure de tâches de développement. Nous modélisons les défauts dus à l'héritage des défauts amont avec un deuxième co-flux qui est également basé sur la structure de tâches de développement. Le flux de $CAQav$ base sur le fait que les défauts ne sont pas toutes réglées par l'AQ dans une phase¹. Le $CAQav$ est la somme des défauts intra et interphase relâchées par la phase et découvertes par toutes ses phases aval² : pour $i \neq j$:

$$CAQav = \sum [(\frac{IntraDR_j}{TR_j}) * p(DD_i)] + ((\frac{InterDR_j}{TR_j}) * p(DD_i) * QA_i)]$$

Le stock de TAC s'est vidé par la coordination des tâches qui est basé sur la $CRCoord$ et la durée de coordination permise : $Coord = Min(CRCoord * TAC / DMC)$. La coordination a des effets sur le PDP ; au delà de la résolution des erreurs héritées, un effet secondaire

¹ Souvent les défauts sont relâchés et par la suite découvertes par des phases aval.

² Ces flux sont modélisés dans la structure de co-flux de défauts basée sur la probabilité qu'une phase (j) relâchant une défaut à une phase aval, la probabilité que la phase avale (de réception (1 2... n)) découvre la défaut héritée ($p(DD_i)$), et le taux auxquels la phase de réception examine les tâches (AQ_j)

bénéfique de coordination est l'apprentissage qui diminue les itérations et les reprises et augmente la probabilité de découvrir les défauts.

Conclusion :

Tout projet de développement se compose de nombreux processus qui dépendent l'un de l'autre. Cette interdépendance peut devenir très compliquée. Pour réduire cette complexité, de nombreuses approches et outils ont été développés pour faciliter la compréhension et le management de ces processus. Ces outils traditionnels de management de projet (PERT et Gantt) sont utiles dans les processus linéaires de développement, où les rapports intenses de priorité entre les tâches, et les itérations ne sont pas une question importante. Ces types d'outils sont seulement applicables aux activités séquentielles et parallèles et ne peuvent pas manipuler les cycles itératifs. Plusieurs chercheurs ont employé ce cadre pour explorer les flux d'information entre les tâches.

Nous avons décrit une structure dynamique pour modéliser un processus de développement (ressources, portée, et cibles de projet), et montré comment les processus de développement affectent la performance. Les effets significatifs des caractéristiques et de complexité du processus sur la performance (facteurs de nouveaux paradigmes de développement, de simultanéité, de coordination) démontrent le besoin à un modèle qui vise le QCDR des produits, l'amélioration du PDP et réduire la tâche de PDT, et tien en compte les ressources, la portée et les cibles du processus. Le modèle sera simulé dans la partie pratique pour démontrer son aptitude à toucher la réalité du PDP. Il permet à travers les paramètres de contrôle et les valeurs initiales de voir les différents niveaux de critères de performance (Coût, Qualité et Délai).

Chapitre IV : Application

IV.1. Analyse de l'existant :

Introduction :

La focalisation placée sur la planification stratégique aujourd'hui reflète la conviction qu'il y a des avantages significatifs à gagner par un processus explicite de formulation de la stratégie, pour s'assurer que les politiques sont coordonnées et dirigées à un certain ensemble d'objectifs communs. Théoriquement, "la mise en œuvre de la stratégie de l'entreprise se traduit par *l'élaboration d'un plan détaillé. Ce plan décrit les actions à lancer en fonction des moyens et contraintes pour atteindre la finalité fixée en un temps donné. Ce plan va cadrer la cascade de décisions à prendre pour mener à bien la stratégie définie*" [13].

Élaborer la stratégie de l'entreprise, c'est choisir les domaines d'activités dans lesquels l'entreprise entend être présente et allouer des ressources de façon à ce qu'elle s'y maintienne et s'y développe. "Chaque entreprise concurrence dans une industrie, a une stratégie globale explicite ou implicite qu'examine la manière dont une entreprise peut concurrencer plus efficacement" [10]. Cette stratégie a pu avoir été développée explicitement par un processus de planification ou elle a pu avoir évolué implicitement par les activités des divers départements fonctionnels de l'entreprise

IV.1.1. Démarche :

Le management stratégique comporte un certain nombre de phases successives et complémentaires, impliquant des allers et retours et des itérations afin d'aboutir à un modèle cohérent et applicable de cinq phases (Figure 4.1) :

1. pré-planification ; connaître la situation de départ : environnement, activités, organisation, forces et faiblesses, ressources, compétences, concurrence et atouts stratégiques;
2. planification ; décider où l'entreprise veut aller et comment y aller ;
3. déploiement du plan stratégique : l'accomplissement et la diffusion du plan aux employés ;
4. implantation du plan stratégique comporte le resourcement du plan, la mise en action et le management de ces actions ;
5. mesure et évaluation des résultats : consistent en actions de suivi, d'évaluation de l'organisation et l'emploi ces actions pour mettre à jour le plan.

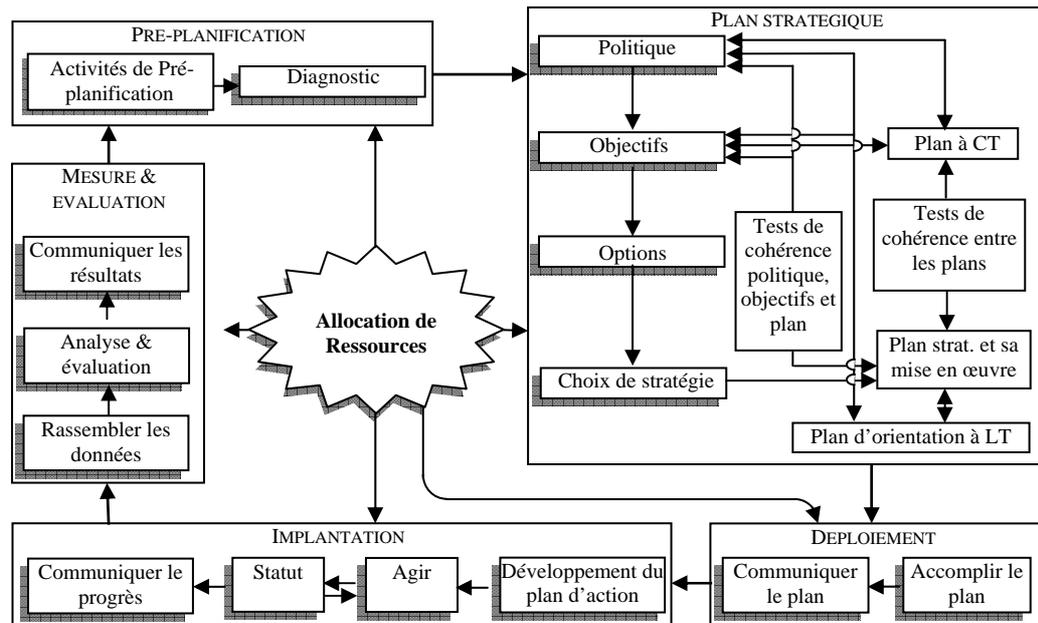


Figure 4.1 : Processus de management stratégique [22] (Modifié)

Initialement, nous traçons le cadre de la stratégie d'amélioration du PDP. Cette stratégie fait partie d'une stratégie globale d'innovation, pour cela on reste dans le cadre du processus de développement bien défini dans le chapitre II. L'analyse et la formulation de ce plan assument la collaboration des membres des directions de R&D, technique et commerciale. Le devis de cette étude comporte la simple localisation de la documentation, plan du système, schémas électriques, dossier d'essai du prototype, et la réponse aux questions de détails surviendront. Les observations au sujet de la description, de l'exécution, de la catégorisation du PDP, et l'appréciation de risques sont soutenues par les extraits de documents et citations représentatives et illustrative des interviews ou des questionnaires (Cf. Annexe 1).

Toute entreprise doit être traitée et analysée dans un cadre particulier en termes de cinq facteurs mets par "M. Porter" qui décrit la complexité du marché. Dans cette étape, en définit les risques que confronte le PDP, puis une description qualitative du contexte du développement, des produits, du positionnement de l'entreprise dans son environnement et sa stratégie (Figure 4.2), et les risques principaux qui confronte l'entreprise, puis on modélise le PDP de l'entreprise basée sur la dynamique de système et on décrira comment l'entreprise utilise les revues et les itérations, y compris l'intégration et l'essai, dans son PDP. A la fin de l'étape de diagnostic on présente les résultats (non exhaustifs) de l'analyse de l'existant.

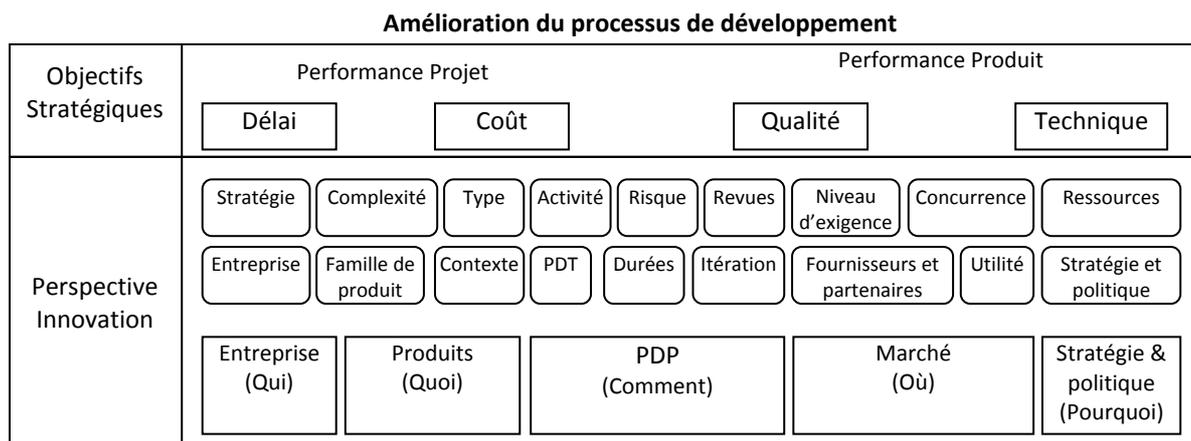


Figure 4.2 : Analyse de l'existant – Perspective innovation

IV.1.2. Définition de l'entreprise :

L'entreprise des Réalisations Industrielles de SERIANA - ERIS (importée clés en main et lancée en 1990) est une des quatre unités que compte la DFM¹ de l'ANP, c'est une entreprise militaire à caractère économique et commerciale, dotée d'une autonomie financière. Située à 29 Km de la wilaya de Batna, elle s'étend sur une superficie de un million de m². ERIS a 2100 employés (civils et militaires), elle conçoit, fabrique et commercialise des munitions, d'outillages et de pièces de rechange. ERIS satisfait, particulièrement, les besoins militaires de l'ANP, et même civils et paramilitaire tels que ceux de la Direction Générale de la Sûreté Nationale, des Douanes, de la Protection civile, dont les ventes annuelles se situent aux alentours de (450 GE / An).

IV.1.3. Contexte d'innovation à ERIS :

L'innovation est une véritable priorité pour ERIS qui doit convaincre chaque jour ses clients (internes et externes) de choisir ses produits parmi une offre abondante. Le développement du produit est une fonction très importante pour ERIS vu le CdC du client, le niveau de sécurité élevé caractérisant les produits et les opportunités que présente le marché. A chaque fois que le client commande un produit ; le PDP se déclenche pour répondre présent à cette commande ; c'est le client qui cherche l'existence d'un fournisseur de ce genre, et l'entreprise n'a ni la stratégie ni l'intention d'offrir la nouveauté.

La révolution technologique survenue au cours des dernières décennies, et en particulier la révolution dans les affaires militaires, ont eu un impact fondamental sur la manière dont les

¹ À savoir l'Entreprise des constructions mécaniques de Khenchela, spécialisée dans la fabrication d'armes à feu, elle fournit l'ANP en pistolets mitrailleurs, fusils à pompes, fusils-mitrailleurs et pistolets automatiques, l'Entreprise d'habillement, de campement, de couchage et d'ameublement militaires, l'Office national des explosifs (ONEx) ainsi que ERIS (Batna).

nations développent désormais leurs futures capacités militaires. De plus, ces révolutions sont intrinsèquement liées aux transformations, à la consolidation et à l'enracinement profond du système industriel militaro-sécuritaire dans la société, particulièrement aux États Unis et en Europe [25]. Pendant une certaine période l'ANP était prévu de satisfaire ses besoins d'armement pour des raisons géopolitiques et d'un blocus international des pays détiennent les technologies de base. Il se trouve que l'ANP est à la recherche des solutions à ces menaces et risques, et parmi les solutions envisageables : *se doté d'une industrie militaire et par conséquence l'innovation militaire*. L'innovation au niveau de la MDN est devenue une nécessité pour développer désormais leurs futures capacités militaires en scrutant en permanence toute avancée scientifique dans le monde¹. La R&D (existe comme activité qu'elle soit organisée ou non) est la première phase dans la production de nouveaux équipements militaires, en Algérie ce processus n'est pas bien rôdé, il est dans ses premières phases. Beaucoup de facteurs ont contribué à cette orientation stratégique, parmi lesquels le budget consacré à la défense, la volonté politique et le besoin d'une indépendance en termes d'armement et de technologie.

L'innovation militaire passera sûrement sur le parcours fait par les pays développés, donc y a une tendance que l'innovation militaire reposera sur une présence militaire à tous les niveaux du système national d'innovation et une exploitation des sciences et des technologies. ERIS fait des efforts de développement et d'innovation, leur principal objectif de développement est l'amélioration des produits existants, elle a un engagement non limité envers la nouveauté, mais toute nouveauté ou innovation radicale sera prévue et acquis comme une installation clé en main. Quant aux moyens et démarche de développement, ils sont traditionnels et non efficaces. De point de vu innovation, on note l'absence de recours à l'acquisition de brevets et de contrats de recherche, les sources d'information sont traditionnelles. La Figure 4.3 illustre les pratiques menant l'innovation à ERIS.

Structure chargée de l'information	DG et les différentes directions : R&D, commerciale, technique, etc.
Système d'information	n'est matérialisé par aucune structure
Sources d'information	Documentations, Séminaires, Médias, contact clients, foires et exposition et stages de perfectionnement
Moyens et canaux de communication	Réunions, affichage, notes personnelles, communications verbales, procès verbal, notes de services et échange informel
Impact du SI sur l'innovation	L'amélioration des produits existant et des processus

Figure 4.3: Pratiques menant l'innovation à ERIS

¹ "Pour parer aux nouvelles menaces, la R&D doit forcément être dans le sillage des besoins de l'ANP qui sont à la fois les besoins d'une armée conventionnelle pour une menace conventionnelle, mais également spécifiques pour faire face aux menaces asymétriques" A indiqué le chef du département organisation et logistique et président du comité permanent du développement de la recherche scientifique et technique à l'ANP. [28]

IV.1.4. Description de produits :

La description du produit va donner une idée sur les complexités et les risques que confrontent le PDP, le type et les caractéristiques du PDP adéquat et la façon de gérer le processus. La mission principale d'ERIS est la fabrication de munition de petit calibre, l'outillages et de pièces de rechange, elle produit neuf types de cartouches : quatre types de cartouches spéciales (cartouches 7.62 x 39-modèle 56, cartouches 7.62x54 -modèle 53, cartouche 9x19 mm Parabellum, et le cartouche 7.65x17 mm), trois ordinaires (cartouches 7.62 x 39-modèle 56, cartouches 7.62x54 -modèle 53, et cartouche modèle 59 - ordinaire calibre 9mm), et deux à blanc (cartouches 7.62 x 39-modèle 56, et 7.62x54 -modèle 53).

IV.1.4.1. Produits de l'entreprise :

En plus des munitions, ERIS fabrique aussi les groupes électrogènes (objet de l'étude), les groupes de soudage, les réparations mécaniques et électriques, les paratonnerres pour toutes les installations militaires et civiles, les stands de tir, le matériel d'intendance, les mâts d'éclairage autonomes pour les aéroports, le matériel paramédical, les fixateurs et mini-fixateur orthopédiques, et bien d'autres produits annexes.

Les différents produits que fabrique ERIS sont qualifiés comme des produits simples ; fonctionnellement, en termes de client (B to B), et du retour d'expérience¹, et complexe en terme d'exigence de sécurité (besoin explicite plus qu'implicite). Ce genre de produits exige une grande attention à la qualité et à la sécurité plus qu'au coût et au délai.

IV.1.4.2. Groupes électrogènes de l'entreprise :

Un GE est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité en transformant une énergie non-mécanique (chimique, électrique, thermique, etc.) par un moteur thermique qui actionne un alternateur (le Diesel pour sa légèreté et son faible encombrement) en énergie électrique à la sortie de l'alternateur ayant des caractéristiques (tension, courant, fréquence). Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. La puissance d'un GE équipé d'un moteur Diesel va de moins de 1KVA à plusieurs MVA et la vitesse de rotation est également variable suivant la puissance et l'application.

Le GE se compose d'un moteur diesel Deutz qui tourne d'une vitesse de 1500 tr/min (50HZ), Il se refroidit soit par l'eau ou par l'air (selon la puissance) et alimenté par une

¹ A chaque demande les concepteurs ouvrent les anciens dossiers de conception pour l'adapter au nouveau projet.

batterie 24v, il est muni d'indicateurs de vitesse, de pression et de température (d'eau ou d'huile), il est aussi équipé d'un démarreur (pour exciter le moteur), d'un petit alternateur (délivre une tension alternative redressée afin de charger la batterie) et d'un réservoir de fuel. Le GE se compose aussi, d'un alternateur (Leroy-Somer) avec une vitesse de 1500tr/min (50HZ) et une tension de 400V (GE 400KVA), leur tension est auto régulée par un régulateur électronique. Le moteur et l'alternateur sont commandés par un système de commande (armoie de commande Leroy-Somer) ; une armoie de commande automatique comporte un inverseur lié au réseau et au groupe, où dans le cas d'absence du réseau (le groupe se met automatiquement en marche) et respectivement si le réseau est actif (le groupe est à l'arrêt). L'armoie de commande comporte un disjoncteur pour la protection du GE en cas de surcharge, il se compose de relais qui à partir d'un certain courant absorbé dépassant le courant nominale s'enclenche et arrête le moteur. Le groupe est monté en châssis, selon le type de l'installation, du réservoir de différentes capacités.

ERIS commercialise plusieurs types de GE selon le besoin du client en termes de puissances et type de commandes (cf. Figure 4.4). Pour les petites puissances on a des GE de 5KVA jusqu' à 15KVA, on trouve également des GE en mode manuel (absence du réseau) avec un moteur Diesel et alternateur de fabrication Italienne. A partir de 15KVA jusqu'à 100KVA on trouve les GE en mode automatique et manuel, et de 100KVA jusqu' à 880KVA il n'existe que les groupes en mode automatique.

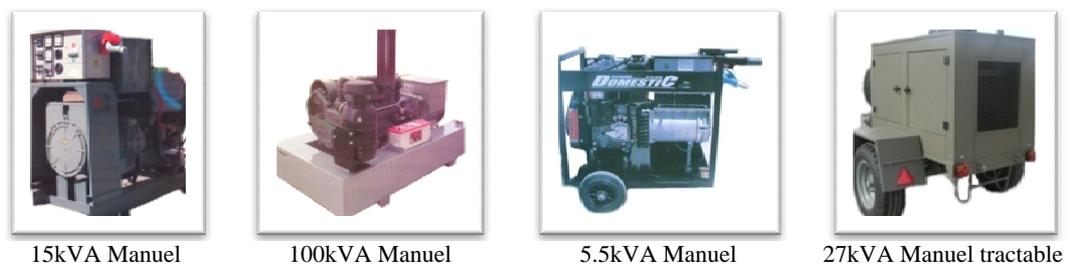


Figure 4.4 : Échantillon de GEs commercialisés par ERIS

Les différents processus de l'ERIS sont capables de réaliser de dizaines de produits autre celles cités ci-dessus si le processus dispose de l'outillage nécessaire, et si l'autorité de tutelle possède une vraie politique d'innovation. C'est une grande opportunité pour l'entreprise, ce qui exige l'élaboration d'une étude de Stratégie du Produit et de Technologie. Les difficultés qui confrontent le produit dans l'entreprise sont dans les phases de conception qui tiennent en compte seulement le processus de production, et dans les outils de développement qui sont traditionnels et dépassés.

IV.1.5. Description du PDP :

ERIS emploie un PDP SG moins formel et strict pour contrôler les risques qualité et technique pour des raisons de sécurité (Figure 4.5). Le PDP contient sept phases principales, mises en action par des acteurs répartis sur la direction R&D, technique et production, s'organisant en cascade. Le PDP est jugé efficace et convenable en termes d'outputs et de risques à gérer. Il manque d'outils méthodologiques de conception qui permettent d'intégrer les besoins du client et la satisfaction de ces besoins ainsi que l'analyse de Benchmarking et les outils DFX, qui sont utiles pour l'innovation, le management, le marketing, etc.

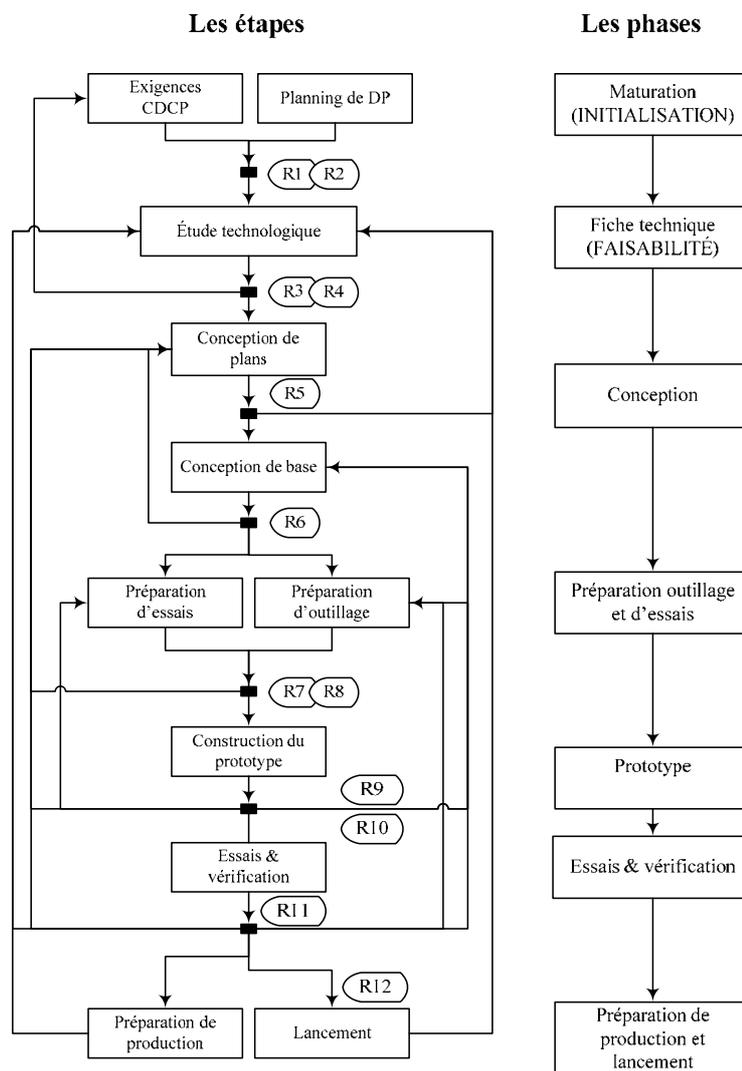


Figure 4.5 : Le PDP ERIS

IV.1.5.1. Déroulement des activités :

ERIS ne suit pas une démarche ou normes bien déterminées réclamant l'aptitude à concevoir et fournir un produit conforme (CdCP ou spécifications techniques du client,

exigences réglementaires applicables ou normes de référence du produit). Le planning de conception et de développement du produit est illustré sur les deux premières colonnes de la DSM (Figure 4.9), le déroulement des étapes de développement selon le modèle développé pendant le chapitre III est illustré sur la Figure 4.6 pour les performances projet :

1. **Expression du besoin et initialisation** : le besoin peut être exprimé suite à une demande (qui contient les exigences du client) par un responsable commercial au département production ou par l'un des responsables des autres structures en vue de développer un produit nouveau ou d'apporter une modification quelconque. Cette demande est élaborée en coordination des chefs de direction R&D, de production et de technique et doit avoir un visa de la part de la direction générale.
2. **Etudes et faisabilité** : le département production et le service méthodes production assisté du contrôle qualité prennent en charge l'étude de faisabilité tenant compte : les ressources, la politique qualité, les objectifs, et les résultats de conceptions similaires précédentes. L'objectif de la première partie de cette phase est de définir le produit; les CdPs objet du développement, et les étapes nécessaires pour le réaliser (Figure 4.9). L'étape suivante est l'initialisation du planning de conception et de DP, puis la production délibère un PV qui donne le feu vert ou rouge de la capacité du processus pour la réalisation du produit, en présence du personnel des sections méthode et de différents processus de production.
3. **Conception** : un dossier technique du produit contenant tous les éléments (plans du produit, définition des matières premières et accessoires) de fabrication et de contrôle. Cette conception est adaptative, commence par l'élaboration de fiches techniques et théorique nécessaire pour la réalisation du produit, et s'appuie sur la capitalisation et la réutilisation des connaissances relatives au produit.
4. **Préparation d'outillage et d'essai** : dans cette phase on prépare l'outil de production qui va réaliser l'amélioration ou le nouveau produit et particulièrement les prototypes en tenant compte tout les paramètres de CQ. Dans cette phase on prépare également le processus d'essai et de vérification.
5. **Construction des prototypes** : établie sous la responsabilité de la direction de production et exécuter par la supervision de la section méthodes et les efforts des sections du processus de production.
6. **Essais et validation** : la vérification de la conformité du produit, et les essais d'homologation du produit à fabriquer. Si le prototype réalisé satisfait les exigences, la

direction production notifie un formulaire de développement et la validation de réalisation du produit est soumise à la validation de la direction exploitation avant lancement.

7. **Préparation de production et clôture du programme** : une revue de conception est établie pour évaluer: l'aptitude des résultats de la conception à satisfaire les exigences, et d'identifier tous les problèmes et de proposer les actions nécessaires. Les enregistrements des résultats, de revue et de toutes les actions nécessaires seront conservés.

La phase de conception et la phase de réalisation de prototype et validation se trouvent dans une boucle (qui peut prendre une longue durée et menaçant ainsi le programme, ces deux phase peuvent prendre plus de deux tiers du temps du programme comme illustré sur la Figure 4.6, suivie d'un PV entre les sections méthode et production pour valider ou non les exigences techniques. La dernière étape de cette phase est une instruction de service émit par la section méthode aux sections de processus de production demandant de procéder au changement des outils nécessaire, et un rapport de conclusion de la phase de développement. La documentation du processus contienne les correspondances entre acteurs de conception sous forme de PV et instructions de service, les plans de conception et le budget.

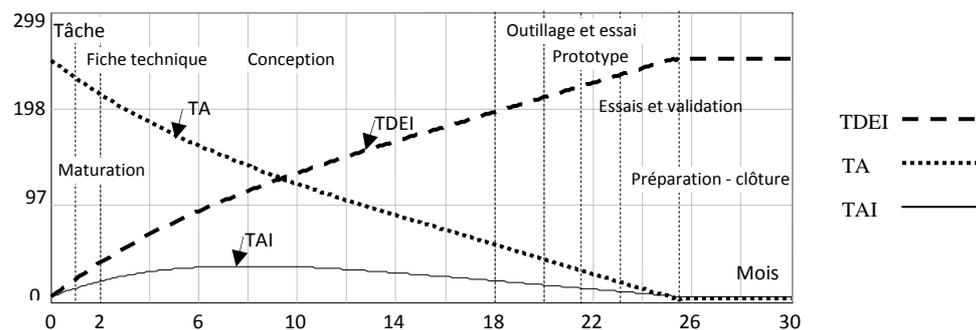


Figure 4.6 : Résultats de simulation du PDP ERIS (Projet)

IV.1.5.2. Risque de développement :

Le développement du produit est souvent présenté comme la première phase, et la plus coûteuse, dans la production de nouveaux équipements militaires, mais cela ne pose pas de problème pour ERIS. Cette phase principale dans le cycle de vie du produit nécessite l'organisation et le management les plus efficaces. La raison d'être de l'innovation à ERIS est l'amélioration et la correction des erreurs et des défaillances détectée dans les produits existants, et les efforts fournis pour les régler sont beaucoup plus dans la production qu'aux phases de conception. Les risques les plus sérieux dans le PDP d'ERIS sont les risque programme et technique affectant la majeure partie de la qualité du produit, le risque

technique fait la cause principale des retards enregistrés pendant le développement. Le risque budget est négligé et relativement bas (Figure 4.6 et 4.7) et le risque marché n'inquiète pas la direction R&D parce qu'il est réduit et généralement son unique client est connaisseur et parle le même langage que les dirigeants d'ERIS (Figure 4.7, un processus de développement est coûteux et peut prendre deux ans). Cela explique l'emploi d'un PDP SG. Les efforts fournis pour régler le risque technique sont la tâche essentielle des différents services de production et de contrôle qualité et la vigilance devant les différents risques.

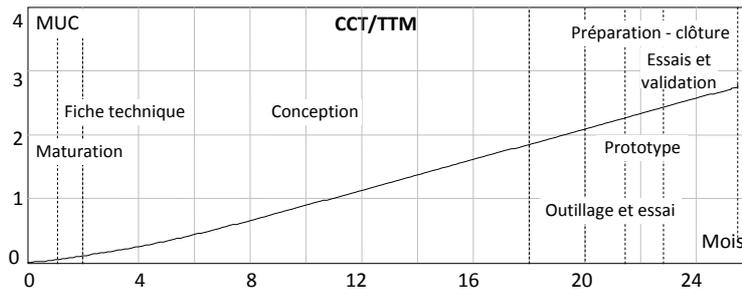


Figure 4.7 : Résultats de simulation du PDP ERIS (TTM/CCT)

IV.1.5.3. Itérations & revus :

Comme montré sur la Figure 4.5 le PDP ERIS a une série d'étapes et de revues itérées qui est absolument séquentielle et non fréquente, rigide, et non programmées. Sept Phases (P) et douze Revues principales (R) (Figure 4.8). Les revues sont contrôlées exclusivement par des directeurs, ce sont des points de décision où les directeurs déterminent si le programme entier continuera ou sera mis en fin. Les critères des revues ne sont pas réellement assignés et ne sont pas limités par une durée permise. Les revues incluent des réunions de conception et de contrôle assistées par le noyau du PDT et l'envoi de rapports et PV ente les différents départements et sections avec un taux de succès de 80%¹, contrôlées exclusivement par les responsables des directions affectées par la position et la formation.

Ce genre de revues est incapable de distinguer le bon progrès du mauvais, à cause du manque en présentation des travaux et en communication et pertes de l'information entre les lignes des PV. La revue peut conduire à une exception au PDP officiel ou à une annulation soudaine du programme de développement et ainsi changeant le PDP globale. Une autre coupure de formalité dans l'exécution du PDP est l'inégalité de la complexité entre les revues. Bien que le PDP n'énonce pas ceci explicitement, quelques revues sont plus importantes que d'autres (revues de conception et de prototypage). Ceci souligne la difficulté de passer

¹ Le PDP est menacé d'être mis à mort devant chaque revus à cause des caractéristiques non rigidifiées (le chef R&D).

certaines revues principales qui impliquent une grande attention. Les itérations à leurs tours ne sont pas limitées ni par un nombre d'occurrence ni par un délai ou un coût (Figures 4.5).

Phase		Revue	
P1	Maturation (INITIALISATION)	R01	Maturation
		R02	Planning de conception
P2	Fiche technique (FAISABILITE)	R03	Capabilité du processus
		R04	Ressources nécessaires
P3	Conception	R05	Conception (fiche technique et théorique)
		R06	Conception
P4	Préparation d'outillage et d'essai	R07	Processus d'essai
		R08	Processus de production
P5	Prototype	R09	Gamme de fabrication
		R10	Ressources nécessaires
P6	Essais	R11	Vérification de la conformité
P7	Préparation de production	R12	Évaluation de l'aptitude des résultats du développement

Figure 4.8 : Phases et Revues du PDP-ERIS

Les causes principales d'itération sont les Feed-Back client et technique. Leur implication est sur le délai, l'apprentissage et la volonté du personnel. L'itération interphase (comme la montre la DSM sur la Figure 4.9) existe entre :

- la fiche technique et la maturation ;
- la conception et la faisabilité ;
- la préparation d'outillage et d'essai et la conception ;
- le prototypage et la conception ;
- le prototypage et la préparation d'outillage et d'essai ;
- les essais de vérification et la conception ;
- les essais de vérification et la préparation d'outillage et d'essai ;
- les essais de vérification et la fiche technique ;

Nom de Tâche		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Maturation (INITIALISATION)	Élaboration planning de C&D	1										
	Définition d'exigences CdCP	2		2								
Fiche technique (FAISABILITE)	Étude technologique	3	2	2		2				2	2	
Conception	Conception de plans	4		2		2	2	2	2	2		
	Conception de base	5			2		2		2	2		
Préparation d'outillage et d'essai	Préparation d'outillage	6				2		2	2	2		
	Préparation d'essais	7				2	2		2			
Réalisation du prototype	Construction de prototype	8					2	2				
Essais & vérification	Essais	9								2		
Préparation de production	Lancement	10									2	
	Préparation de fabrication	11						2	2		2	2

N		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
Structuration	01	1										1	
	02	1		2								2	
	03	1	2	2	2				2	2		3	
	04	1		2	2	2	2	2	2			4	
	05	1			2	2	2	2				5	
	07	1				2	2	2	2			6	
	08	1				2	2		2			7	
	09	1					2	2				8	
	10	1								2		9	
	11	1									2	10	
	12	1							2	2	2	2	11

Figure 4.9 : Activités de conception et de développement du produit

Les itérations intra-phase sont communes entre les étapes du PDP. Ces itérations, qui sont un peu étroites et compréhensives ne sont pas planifiées, à l'exception l'itération entre les étapes de la phase conception. Ces itérations ont un impact sur le programme et le budget.

IV.1.5.4. Durée des phases :

Un projet de développement se réalise dans plusieurs mois avec un grand degré de réutilisation important, la phase de conception est la plus lente. C'est une durée qui ne pose pas de problème pour ERIS et elle n'est pas discutable (Cf. Figure 4.7). Les principaux retards qu'envisage l'entreprise sont pendant la réalisation des plans de conception et les essais et la validation, le nombre non prévu d'itérations et de revues. Certainement les travaux de développement ne nécessitent pas ce temps qui ne met pas une durée permise comme objectif:

- l'organisation du PDT et l'attente habituelle d'un membre l'achèvement du travail d'un autre;
- la rigidité de la communication entre les développeurs ;
- le temps réservé par le personnel au développement (20%) ;
- la nature d'itérations et de revues ;
- les états changeants des caractéristiques de produits.

IV.1.5.5. Membres de PDT, leurs tâches et le niveau d'engagement :

L'activité d'innovation est considérée par les acteurs de développement comme étant un phénomène positif et valorisant. Cependant, on peut constater une inadéquation des cadres et des mécanismes d'implication et sous qualification des ressources humaines de manière générale, et l'inexistence d'une formule visant à rétribuer le travail d'innovation et de créativité. Le PDP de l'ERIS s'est exécuté par une équipe qui s'est organisée de manière que les activités s'effectuent séquentiellement avant production, c'est en raison de ce fonctionnement séquentiel que des erreurs se propagent le long du processus. Ces erreurs ne sont détectées que dans les phases ultérieures du processus, voire même au-delà, lors de l'industrialisation. Les membres de PDT se répartissent les tâches pour réduire la complexité en cercles de qualité ou groupes ad hoc. Le noyau du PDT est constitué explicitement des chefs de DG, de R&D, de production et de technique (absence de la direction commerciale), mais implicitement le noyau est presque la PDT elle-même (Figure 4.10).

Dans le processus on ne trouve aucun meeting entre les membres du groupe, chacun travaille dans les limites de la direction où il s'est évolué et se communique avec les autres membres par des PV et rapports, et on ne trouve les réunions qu'au niveau des revues de développement. Le temps réservé par le personnel au développement est de 20% et les membres de PDT croient ayant l'engagement total de la part de l'autorité, mais la marge de

manœuvre des membres est très réduite. Les acteurs qu'on considère comme les membres de PDT sont illustrés sur la Figure 4.10, la direction R&D initialise le processus et le finalise.

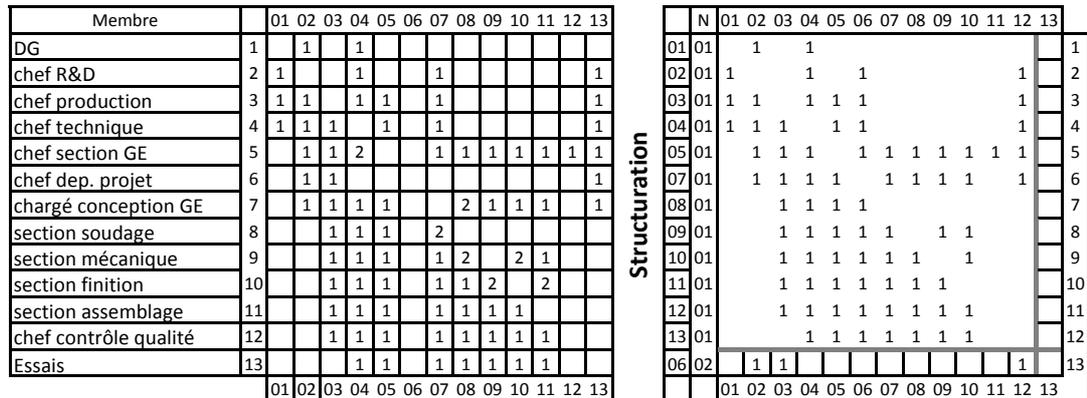


Figure 4.10 : DSM équipe de développement (GE)

IV.1.6. Description du marché de l'entreprise :

Le positionnement de l'entreprise en termes de marché va identifier les enjeux et les règles du marché. Les principaux critères définissant la complexité du marché de l'entreprise et facilitant l'analyse sont les cinq facteurs de Porter.

IV.1.6.1. Marché et clientèle:

L'ERIS pourvoie dans son domaine de compétences aux besoins nationaux militaires, paramilitaires et même aux besoins civils tels que ceux de la DGSN, des Douanes, de la Protection Civile, les banques, les agriculteurs les différentes entreprises, et les hôpitaux. Ce genre de client est professionnel et exige un certain niveau du QCDR.

IV.1.6.1.1. Utilité du produit :

Une source constante d'électricité est une nécessité pour la plupart des gens et particulièrement pour les éléments et les infrastructures de l'ANP qui veut compter sur ses capacités propres et créer ses propres GEs. Les GEs sont utilisés principalement dans des applications dites de secours, c'est à dire pour pallier aux problèmes de coupures de courant. Il est une solution fréquente utilisés soit dans les zones que le réseau électrique ne dessert pas (comme des systèmes d'urgence en état de fonctionner quand tout s'éteint), afin de pallier une éventuelle coupure de courant et pour alimenter des applications terrestres ou marines sensibles telles que informatique, télécommunications, industrielles, hôpitaux, aéroport, etc. Dans le deuxième cas, ils sont souvent utilisés en parallèle d'une alimentation sans interruption à batterie ou par un système inverseur de source d'énergie. Toutefois, ils peuvent

être aussi utilisés dans des endroits isolés comme source de courant principale lorsque le réseau électrique n'existe pas (un groupe de 2000KVA peut alimenter à peu près 250 foyers).

Le GE sert à fournir du courant à partir d'une source d'énergie tel un moteur thermique à essence ou diesel. En général c'est une génératrice qui fournit le courant grâce à sa rotation, suivant le régime du moteur. Il existe différentes techniques pour améliorer la qualité du courant restitué qui permettent d'alimenter des appareils plus ou moins sensibles aux écarts de tension ou de fréquence. Le choix d'un GE se fait en fonction des appareils électriques que l'on souhaite alimenter (puissance et sensibilité) mais aussi au regard de la technologie utilisée par le GE. S'il est impératif de prévoir une puissance suffisante, permettant notamment à certains appareils monophasés de démarrer (dû au coefficient de démarrage), il faut savoir qu'un groupe fournissant une faible puissance par rapport à ses capacités va s'user plus vite (s'il est surdimensionné). L'environnement dans lequel va être utilisé le GE va parfois nécessiter un niveau sonore très bas et souvent ce générateur devant être transporté, son encombrement aura son importance et sa légèreté un atout.

Le GE est forcément polluant, non économique, il utilise des carburants traditionnels (gasoil, GPL, bio-carburant, etc.). Un tel besoin peut résider dans la demande d'un GE avec un rendement global maximum, un GE non polluant, sans déperdition et économique en terme d'énergie, et délivrance de l'énergie à la demande d'utilisateur.

IV.1.6.1.2. Niveau d'exigence de la clientèle :

Le client présente un CdCP qui a pour objet de définir les prescriptions générales et particulières auxquelles l'entreprise devra répondre capable en termes de délai, du coût, et de garanties de la qualité du produit (qui doit être conforme aux critères et normes internationales requis en matière de sécurité et de normalisation). Le niveau d'exigence est, souvent, redoutable en terme de la nature de la clientèle ; par exemple la voix de la Gendarmerie Nationale et à cause de la nature de ses missions est : *"on peut être existé dans des différents terrains, tout dépend de la situation sécuritaire et de la durée de mission peut arrivé jusqu'à des jours ce qui exige l'assurance de l'énergie électrique et l'alimentation de détachement par l'énergie électrique et assure la transmission entres les secteurs opérationnels et aussi minimise les risques d'attaque terroriste"*. L'ERIS a répondu par "une solution optimum" la conception du GE 27KVA tractables, non encombrant ni lourd ni volumineux, réalisé en neuf mois.

IV.1.6.2. Concurrence :

L'entreprise parent à un certain monopole sur le marché national et absente sur le marché international, ERIS s'occupe de tout le territoire Algérien et malgré ces opportunités ; l'output de l'entreprise est loin de le satisfaire. Ce monopole n'est pas le fruit d'une telle politique de concurrence efficace en matière de rapidité de livraison et de simplicité d'achat et une parfaite disponibilité, les barrières à l'entrée sont fragiles et les barrières de sortie n'existent pas, donc le futur de ce marché est invisible et l'entreprise se trouvera à la portée et à la merci de la concurrence entrante nationale et étrangère bénéficiant de l'ouverture de l'économie Algérienne sur le monde.

Les produits de l'ERIS sont confrontés à une concurrence étrangère puissante dans le marché des GEs, proposant des GE¹ allant jusqu'à 4.4Megawatt, une large gamme de produits (des GE sur mesure), détiennent une longue expérience, et satisfaisant les besoins de ses clients et utilisant des technologies de pointe, et satisfont à toutes les normes et directives générales de qualité. Les GE sont confrontés aussi à une concurrence proposant des réseaux d'électricité fiables et d'autres solutions substituant. Ces deux concurrents proposent la grande quantité pour un coût inférieur, à délai réduit et à qualité équivalente, voire supérieure.

IV.1.6.3. Fournisseurs et partenaires :

L'entreprise n'a aucune difficulté pour s'approvisionner, elle s'approvisionne de l'Allemagne (moteurs Deutz), la France (génératrices Leroy-Somer), de l'Italie (moteurs Lombardini) et de la Chine, et d'autres fournisseurs nationaux parmi lesquels le complexe El-Hadjar. Ces différents fournisseurs sont disponibles aux exigences de l'entreprise, ils sont flexibles et à jour selon la politique du pays concernant la munition, mais pour les produits civils, l'approvisionnement dépend des procédures d'importation.

IV.1.7. Ressources, Stratégie et Politique de l'entreprise :

La politique de l'entreprise doit être concrétisée par un ensemble d'objectifs devant s'accorder avec les choix stratégiques. La mission principale d'ERIS est la fabrication de munition et d'articles pyrotechniques et de ses dérivés approuvés par l'autorité tutelle. L'entreprise a des capacités de production libres, selon la commande. Actuellement, ERIS a

¹ Des systèmes de contrôle et de commande manuel à distance ou automatique utilisant un microprocesseur, une commandes électroniques, de logiciels et de technologies d'information permettant une exploitation et une gestion plus efficaces, des options d'atténuation de bruit en capotages insonorisés, des GE à faibles émissions conformement aux normes, des GE mobile et remorquable, type faible vitesse ou usage routier, et des GE pour des applications militaires, hôpitaux et aéroports.

développé un savoir-faire et une culture d'industrie qui lui ont permis, au fur et à mesure, de couvrir les besoins nationaux et d'intégrer la réalisation de nouveaux produits, notamment civils. ERIS assure les fonctions principales suivantes :

- fabrication d'articles pyrotechniques et de ses dérivés ;
- études, conception, fabrication et commercialisation de la production principale ;
- réalisation de plans d'approvisionnement, de production et de commercialisation ;
- création, acquisition et aménagement des moyens industriels nécessaires ;
- fournir les prestations susceptibles de rentabiliser les potentialités industrielles.

L'ANP, l'autorité tutelle, et la DFM, l'entreprise mère, profitent des facteurs géopolitiques et budgétaires plus récents, pour s'engager en industrie militaire en levant le slogan "compter sur les capacités internes" concernant les équipements et matériels produits en Algérie au profit des secteurs militaire, paramilitaire et civil. Elles sont engagées dans une vaste politique de modernisation, de professionnalisation et d'ouverture sur l'environnement économique et universitaire pour avoir la capacité de transformer les résultats produits en innovation militaire décisive, elles ont adopté et appliqué également la devise de la diversification des partenaires dans la matière de défense. ERIS, qui est sous l'assistance du Chinois Norinco et est en pleine phase d'indépendance technologique, est dotée aussi d'une certaine autonomie de prise de décision et de moyens humains et d'un outil industriel performants, s'intéresse plus à la R&D au sein de ses unités ce qui lui a valu la diversité de ses produits et rentabiliser ses efforts en gardant un œil vif sur les avancés technologiques et l'évolution des marchés. Cependant, ERIS comme toutes les entreprises publiques, souffre d'un héritage assez déphasé par rapport aux exigences de l'innovation (structure comportemental et modèle organisationnel). Le discours régnant parmi les dirigeants d'ERIS est *"qu'une telle société a besoin d'être prise en charge par une main de fer par son caractère militaire plus la nature sensible des produits qu'elle présente"*. Cette rigidité dans la gestion de la société a contribué à son élargissement et son développement [26]. Le type de management pratiqué par ERIS est traditionnel et il est fondé sur une délégation d'autorité, où le délégataire a le pouvoir de décider tant qu'il agit comme l'autorité tutelle l'auraient fait. Y a une certaine centralisation, à travers ce style de commandement directif (marge de manœuvre étroite) et le mode d'organisation pyramidal (l'information circule de haut en bas seulement), qui peut gâcher tout effort possible de la part de la R&D non accordé avec cette délégation.

L'entreprise adopte une politique dynamique de remise à niveau et entreprend des actions de formation dans le cadre de ces besoins, cela va encourager les efforts envers les objectifs parmi lesquels celles de la R&D.

Résultats de l'analyse de l'existant :

En identifiant l'entreprise dans son ensemble, maintenant on peut définir et exprimer les grands axes du plan d'amélioration du processus de développement pour l'avenir et avoir une idée sur la faisabilité en termes de capacités indéniable, de complexité et des efforts consacrés à la R&D permettent de préparer l'avenir, de proposer des concepts inédits, ainsi que des gammes riches et innovantes.

Les conclusions qu'on peut sortir avec de cette étape d'analyse de l'existant sont l'existence de non-conformités affectant le processus de développement du produit, et la nécessité d'améliorer le processus de développement par l'organisation des revues et des itérations, qui tiennent en compte les différents risques que l'entreprise doit faire face. Les axes du plan d'amélioration qu'on envisage, après cette analyse de l'existant, sont à six. Dans l'étape suivante nous développerons l'axe du processus de développement :

- Axe 01 : processus de développement ;
- Axe 02 : programme de développement ;
- Axe 03 : organisation de développement ;
- Axe 04 : management de développement ;
- Axe 05 : stratégie de développement ;
- Axe 06 : ingénierie de la qualité.

IV.2. Plan d'amélioration :

L'amélioration du processus de développement va permettre aux entreprises de répondre et fournir aux clients la qualité nécessaire, le meilleur prix dans le court délai. Le processus de création du produit fait partie de la transformation spontanée au sein d'une entreprise donnée. ERIS doit prendre des décisions au sujet de la façon de réagir aux besoins du marché et aux demandes du client avec les ressources disponibles. Ceci mène à l'utilisation des ressources disponibles de connaissances techniques et de conception pour développer les produits nouveaux de l'entreprise. Pendant les années 90, la génération de nouveaux produits était cruciale pour ERIS, le lancement des GE révèle des stratégies de nouveau produit vers des créneaux particuliers qui répondent aux nouvelles préférences du client et états du marché. Au cours de ce chapitre nous identifions les axes par lesquelles on peut améliorer le PDP, et relie la perspective innovation à la perspective interne pour présenter les axes du plan d'amélioration (Figure 4.11).

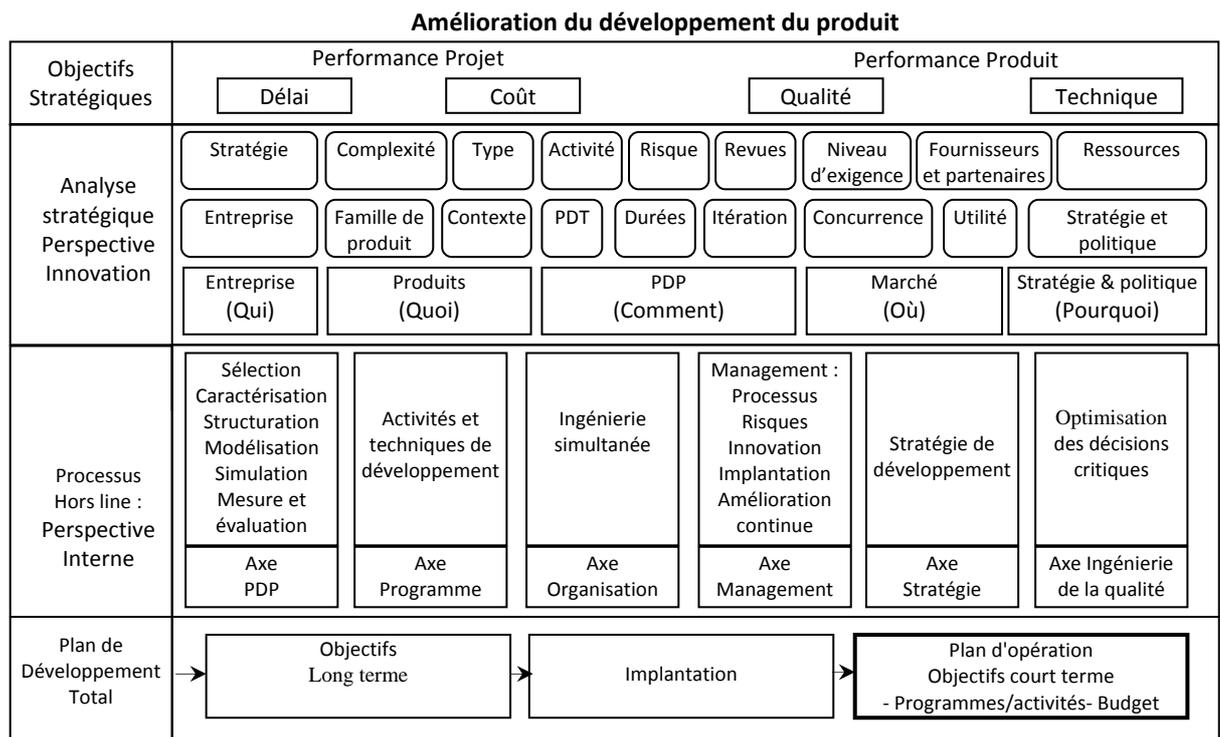


Figure 4.11 : Démarches d'amélioration du développement du produit

Dans ce plan, Figure 4.11, dans un premier temps on va identifier les axes et alternatives selon lesquels le processus de développement peut être amélioré. L'amélioration du PDP qu'on vise, suite à cette analyse, sera la réaction aux cinq faiblesses suivantes :

1. les caractéristiques de l'offre : la qualité de l'offre propre et concurrent ;

2. les opportunités que présente le marché ;
3. les risques de développement qui confronte le PDP. Surmonter ou atténuer les différents risques de développement, et l'amélioration du PDP ; font les deux cotés d'une pièce ;
4. la nature et la qualité du programme du développement ;
5. la maîtrise du processus de développement (personnalisation du PDP et du programme de développement pour des projets spécifiques) ;
6. le processus de management du PDP, l'organisation et les systèmes de prise de décisions.

Un PDP efficient et efficace s'est caractérisé par le programme de développement, les équipes autorisées avec les objectifs bien définis et les ressources nécessaires. Le modèle de DP se compose d'un modèle qui peut être employé par l'entreprise comme base pour concevoir le PDP pour différents projets. Les éléments principaux du modèle sont : (a) le contenu des activités principales du PDP, (b) leurs rapports de priorité, (c) leurs inputs et outputs principaux, (d) outils pour supporter l'exécution de telles activités, (e) le rôle et les responsabilités des différents acteurs, et (f) un modèle de flux d'information. Les objectifs stratégiques principaux du projet sont : (a) coût; (b) délai; (c) qualité; (d) robustesse.

IV.2.1. Axe 01 : Processus de développement du produit :

Le modèle illustré sur la Figure 4.12 fait partie d'une démarche d'amélioration du processus de développement qui tient en compte la notion de risque, c'est une démarche d'intégration de management de projet de développement pour l'amélioration de la planification et du contrôle de projet à l'aide de six modules : Sélection, Caractérisation, Structuration, Modélisation, Simulation et Mesure et évaluation (Cf. Figure 4.12).

1. **Sélection** : la sélection du bon processus de développement adressant les risques de développement peut significativement améliorer la performance des produits dans le marché, au contraire un mauvais processus peut être nuisible aux produits et à l'entreprise.
2. **Caractérisation** : après sa sélection, le processus doit être caractérisé par l'identification et la définition des revues et des itérations et les combinaisons itérations/revues adressent chacun des risques de développement.
3. **Structuration** : la DSM est employée pour structurer les flux d'information entre les tâches et pour capturer les boucles d'itération. En classifiant les différents types de dépendance de l'information, un chemin critique de dépendance est identifié et simplifier, ainsi, la tâche d'analyse pour la modélisation et l'ordonnement.

4. **Modélisation** : un modèle généralisé de processus prévoit les comportements complexes des processus itératifs en utilisant la simulation.
5. **Simulation** : en exploitant les résultats des modules de structuration et de modélisation, le module de simulation est utilisé comme base pour superviser et contrôler l'amélioration.
6. **Mesure et évaluation** : ce module est un point de contrôle qui peut positivement confirmer l'amélioration et ainsi générer un nouveau processus de développement ou négativement réitérer la démarche.

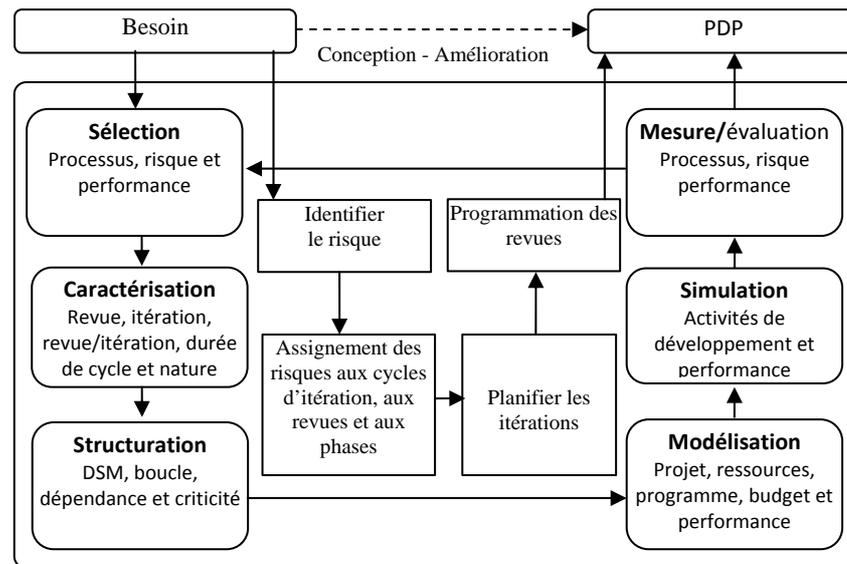


Figure 4.12 : Démarche d'amélioration du processus de développement

IV.2.1.1. Sélection du processus :

Le PDP comprend l'ensemble de la démarche et des actions coordonnées permettant à l'entreprise de générer les produits qu'elle commercialise. Le PDP proposé est un processus de cycle de vie ; un SG PDP selon les critères de choix du PDP (Cf. Chapitre II), modifié selon l'objectif et la nature du produit à développer. Le PDP comprend cinq phases et onze étapes (Figure 4.13), les phases du processus peuvent être regardées comme des processus dans un processus global qui est le processus de développement selon l'approche processus.

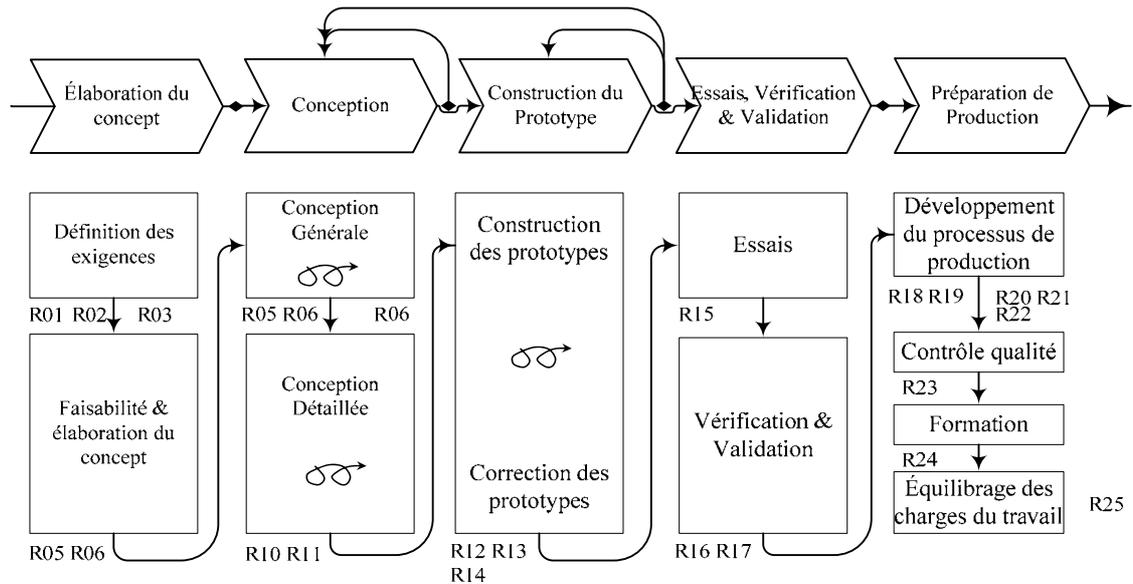


Figure 4.13 : Phases et étapes du processus de développement du produit (ERIS)

IV.2.1.2. Caractérisation :

- Organisation de revues :

À la fin de chaque phase, étape ou sous étape (Figure 4.13), une vérification du progrès est nécessaire pour la continuité du programme dans un contexte de vérification PDCA. Vu le rôle important des revues dans l'atténuation des risques dans les différentes phases, elles sont au nombre élevé (26 revues d'étapes fond partie de cinq revues principales de phases (Figure 4.14)) et elles accompagnent toute tâche dans le processus, elles varient en rigidité selon les critères que le programme pose, et en fréquence d'occurrence selon l'importance de la revue. Elles contribuent également à la rigidification précoce des décisions (réduire ainsi le TTM), à prévenir les problèmes de développement et à éclairer les domaines de la performance critique. La rigidité et la fréquence sont mesurées sur une échelle de 1 à 5. L'importance des revues est mesurée de 1 (très importante) à 25 (pas d'importance). L'accomplissement d'une vérification nécessite cinq critères :

- L'identification des entités critiques à vérifier ;
- L'analyse de la traçabilité des ces entités ;
- Analyse des interfaces entre les éléments
- L'exécution des tests proprement dits ;
- L'évaluation des entités précédentes selon des critères stricts de cohérence, de validité, de faisabilité, de conformité avec les normes en vigueur.

Étape	Revue		Caractéristique		
			Rigidité	Fréquence	Importance
Définition des exigences	R01	Pré développement	1	5	05
	R02	Capture de la voix du client	1	1	01
	R03	Définition des CdP	1	3	03
	R04	Étude Benchmarking	1	1	01
Faisabilité & élaboration du concept	R05	Faisabilité	1	2	02
	R06	Sélection de concept	2	1	02
Conception Générale	R07	Paramètres de conception	3	3	09
	R08	SPC	3	3	09
	R09	Spécifications détaillées du composant	3	3	09
Conception détaillée	R10	Conception de tolérances	3	5	15
	R11	Conception détaillée des composants	3	5	15
Construction	R12	Construction et assemblage prototypes	3	5	15
	R13	Outils & problèmes de production	5	3	15
Correction	R14	Correction de prototypes	3	5	15
Essais	R15	Essais	1	4	04
Vérification & Validation	R16	Vérification	4	5	20
	R17	Validation	1	1	01
Développement de processus de production	R18	Correction des erreurs de conception	1	5	05
	R19	Développement de capacité de production	3	3	09
	R20	Conception de paramètres de processus	3	2	06
	R21	Construction d'outillage de production	3	5	15
	R22	Plan des opérations de production	4	3	12
Contrôle qualité	R23	Contrôle qualité	4	5	20
Formation du personnel	R24	Formation du personnel	4	5	20
Équilibrage des charges	R25	Équilibrage des charges du travail	3	5	15
Clôture de Programme	R26	Programme de développement	5	5	25
Revue PDP			2.6	3.5	10

Figure 4.14 : Revues du processus de développement

Tout livrable doit être vérifié vis à vis les critères suivante : (1) traçabilité des besoins d'acquisition, (2) uniformité de ces besoins, (3) testabilité, (4) faisabilité de la conception de l'architecture système, et (5) faisabilité d'exécution et d'entretien. Les revues doivent être rigides dans les premières lignes du programme, cette rigidité prend l'aspect de normes et de critères à respecter pendant le contrôle de l'output de l'étape ou de la phase, on met ces revues pour atténuer le risque technique et de marché. Dans le PDP on a des revues de rigidité moyenne, ces revues ont des critères de nature normes conditionnelles, dans ces revues on a un peu crucial de critères à respecter, ces revues sont pour atténuer les risques programme et budget. La troisième catégorie de revues dans ce PDP, est la catégorie de revues dites : simple contrôle d'évaluations de conception ou rapports de statut de développement. La rigidité caractérisant les revues d'un SG PDP est « 1 », cependant la rigidité de ce PDP est de « 2.6 », cela veut dire que ce PDP est un processus de conception pour objectif de Qualité.

Les revues les plus fréquentes, vu leur caractère et leur impact sur les étapes outputs, sont la capture de la voix du client et la validation, à chaque phase et étape on doit vérifier les repères, le point de départ et les objectifs à atteindre. Il y a des revues qui ne sont pas fréquentes ; ces revues sont à exécuter une seule fois le long du PDP. De plus la rigidité prend en considération une durée maximum permise pour l'évaluation ou la correction. Les deux caractéristiques de revue contribueront à l'identification de l'importance de la revue, la revue

la plus importante dans ce PDP est la capture de la VOC (pour réaliser exactement ce que le client veut), l'étude Benchmarking (pour mettre l'offre du concurrent leader sur le niveau zéro) et la validation (pour ne pas violer les critères et les normes).

- Organisation des itérations :

Dans ce processus les itérations sont des reprises ou des Feed-Backs, elles sont moins planifiées à cause du nombre élevé des revues rigidifiant les caractéristiques et l'output de chaque étape et phase. Concernent la conception, la construction de prototypes, et les essais beaucoup plus que les autres phases :

- Itérations dans l'étape (conception générale et détaillée, construction de prototype) ;
- Itération dans la phase (conception détaillée et générale) ;
- Itération interphases (conception – construction de prototype, et conception – essais vérification et validation, et construction de prototype – essais vérification et validation)

Ces itérations visent l'atténuation de l'incertitude et du risque marché inclut dans le changement d'exigences du marché, dans l'analyse conjointe et impliquant la phase de construction de prototypes. Elles visent aussi, l'atténuation de risques technique dans la conception, la construction de prototypes, et dans les essais, la vérification et la validation. Le minimum d'itération va atténuer le risque programme souvent lié au risque budget.

IV.2.1.3. Structuration du processus :

- Matrice Structurale de la Conception :

Dans la structuration, on établit la DSM pour le processus de développement, contenant toutes les tâches de développement, toutes les dépendances et les flux d'information entre les tâches (Cf. Figure A3.1). On suppose que les ressources sont fixes et ne se posent pas comme contraintes pendant la structuration. La probabilité et l'impact de reprise sont supposés constants dans chaque itération et la courbe d'expérience diminue seulement dans la première itération. Les résultats de cette analyse sont montrés dans les DSM : AEAP (règle aussi tôt que possible), ALAP (règle aussi tard que possible), AEAP et ALAP simplifiées, et DSM analyse (Cf. Annexe 3). La division du projet permet l'identification des boucles d'itération (cycles) et le réarrangement des tâches à l'aide des algorithmes de structure de conception. Un bloc couplé représente un ensemble de tâches constituant une boucle, dans laquelle il y a au moins une marque de dépendance dans la diagonale supérieure de la DSM. En raison de ses rapports cycliques entre les tâches, les itérations peuvent avoir lieu potentiellement entre les

tâches dans un bloc couplé. Un niveau est déterminé tels que les tâches au même niveau constituent un bloc couplé ou elles sont indépendantes des autres tâches n'appartenant pas au même bloc couplé. Cette structure à plusieurs niveaux présente une hiérarchie simple d'un processus comme la simultanéité des tâches et les blocs indépendants de tâches au même niveau peut fonctionner en parallèle.

- Analyse de la Matrice Structurale de la Conception :

Dans les DSM simplifiés, le flux de l'information d'une tâche simple vers une tâche de bloc est marqué par "2" là où il existe au moins un flux de 2^{ème} type entre la tâche simple et n'importe quelle tâche dans le bloc. Plusieurs types de dépendances sont ordonnés en utilisant les résultats des décompositions hiérarchiques (Annexe 3) :

- dépendance obligatoire : contrainte entre deux tâches dépendantes. Un retard de transfert d'information cause un retard pour la tâche aval. Cette dépendance est traduite par un rapport de priorité "Fin-à-Début" dans les modules modélisation et ordonnancement. Toutes les dépendances dans les blocs couplés sont considérées comme obligatoires.
- dépendance non obligatoire : n'est pas considérée comme une contrainte entre deux tâches dépendantes. Le retard du transfert de l'information n'effectue pas le programme.
- dépendance obligatoire critique ou non : est une dépendance obligatoire et importante ou non entre les tâches.

- Analyse des blocs :

En utilisant les résultats d'analyses du module structuration avec des inputs additionnelles telles que les durées, les ressources, le chevauchement et les itérations, on peut estimer les distributions de probabilité pour les durées prévues des blocs couplés et analyser le processus avec les blocs couplés simplifiés. L'objectif de cette structuration est de tirer les stratégies nécessaires pour calculer le délai et le coût de développement.

On emploie le modèle dans un cas pratique pour estimer le temps de développement, suite à la structuration, nous avons plusieurs blocs de tâches couplées, parmi lesquels le bloc 6 (conception générale) sur la DSM Analyse (Figure 4.15). Le bloc 6 s'est composé de neuf tâches qui constituent un groupe étroitement interdépendant dans le processus. La Figure 4.15 montre les tâches impliquées dans le bloc de conception générale dans le PDP et l'information

échangée entre eux. Le tableau sur la Figure 3A.1 (annexe 3) montre les blocs couplés et ses tâches constitutives, et les durées estimées (optimiste, probable et pessimiste).

Nom de Tâche	AEAP	Durée optimiste	Durée probable	Durée pessimiste	ID	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Réalisation de l'Add	7	3	4	5	24		2	2		1				
Réalisation de l'AF	7	4	5	6	25	1		2		1		2		
Réalisation de l'AMDE	7	4	5	6	26	1	1			1				
Identification des paramètres de conception	7	8	10	12	27	1		1						
Evaluation du système (opérabilité, coûts, SdF)	7	1	2	4	28				1		1			
Conception initiale de la matrice SE/C EQFD	7	4	5	6	29			1		1				
Analyse des facteurs Fonctionnel	7	2	3	5	30		1				1		1	2
Conception des paramètres	7	3	5	6	31	2	2	2			2	1		2
Schémas de paramètres critiques	7	8	9	10	32	2	2					2	1	

Figure 4.15 : Tâches impliquées dans le bloc 6

On suppose que la reprise prévue est due à la réception d'une nouvelle information des tâches chevauchées après avoir commencées avec des entrées préliminaires, ou changement de probabilités quand d'autres tâches sont affectées par un changement (Figure 4.16).

BLOC6 : Conception générale	%	N°	1 ^{ère} itération											2 ^{ème} itération										
			diminution	d'itération	ID	24	25	26	27	28	29	30	31	32	ID	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Réalisation de l'Add	50	2	24	-	0,1	0,3	0,1							24	-	0,1	0,3	0,1						
Réalisation de l'AF	50	2	25	0,1	-	0,1	0,1	0,1		0,1				25	0,1	-	0,1	0,1	0,1		0,1			
Réalisation de l'AMDE	50	2	26	0,3	0,1	-	0,1							26	0,3	0,1	-	0,1						
Identi des paramètres	50	2	27	0,1	0,1	-								27	0,1	0,1	-							
Evaluation du système	50	2	28				0,1	-	0,4					28				0,1	-	0,4				
Conception initiale - matrice SE/C EQFD	50	2	29			0,4	0,3	-						29			0,4	0,3	-					
Analyse des facteurs Fonctionnel	50	2	30		0,4				0,1	-	0,3	0,3		30		0,4				0,1	-	0,3	0,3	
Conception des paramètres	50	2	31	0,4	0,3	0,1			0,1	0,3	-	0,3		31	0,4	0,3	0,1			0,1	0,3	-	0,3	
Schémas de paramètres critiques	50	2	32	0,3	0,1							0,3	0,1	-	32	0,3	0,1					0,3	0,1	-

Figure 4.16 : Probabilité de reprise pour le bloc 6

L'itération parallèle d'un nombre limité de tâches est simulée par la combinaison des itérations chevauchées et séquentielle. Les itérations séquentielles sont modélisées par trois paramètres : probabilité de reprise, impact de reprise et courbe d'expérience. L'impact de reprise est assumé constant dans chaque itérations, la courbe d'expérience représente le pourcentage de la durée originale par lequel cette durée se diminue dans chaque répétition, Figure 4.17, ainsi la reprise est calculée comme étant la durée originale multipliée par l'impact de reprise et la courbe d'expérience. La quantité de chevauchement (i, j) représente la quantité prévue de chevauchement entre les tâches i, j et c'est une fraction de la durée prévue de la tâche i . L'impact de chevauchement (i, j) représente l'impact prévu de chevauchement quand la tâche i est chevauchée avec la tâche j par la quantité donnée de chevauchement. La Figure A3.6 montre le chevauchement entre les tâches dans le bloc 6.

ID Tâche	Courbe d'expérience		Impact de reprise									Quantité de chevauchement									Impact de chevauchement									
	%	% Max.	24	25	26	27	28	29	30	31	32	24	25	26	27	28	29	30	31	32	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
24	50	90	24	0,1	0,3	0,1						24	0,1	0,3	0,1						24	0,1	0,3	0,1						
25	50	90	25	0,1	0,1	0,1	0,1					25	0,1	0,1	0,1	0,1					25	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1			
26	50	90	26	0,3	0,1		0,1					26	0,3	0,1		0,1					26	0,3	0,1		0,1					
27	50	90	27	0,1	0,1							27	0,1	0,1							27	0,1	0,1							
28	50	90	28			0,1	0,4					28			0,1	0,4					28			0,1	0,4					
29	50	90	29		0,4	0,3						29		0,4	0,3						29		0,4	0,3						
30	50	90	30	0,4			0,1	0,3	0,3			30	0,4			0,1	0,3	0,3			30	0,4			0,1	0,3	0,3			
31	50	90	31	0,4	0,3	0,1		0,1	0,3	0,3		31	0,4	0,3	0,1		0,1	0,3	0,3		31	0,4	0,3	0,1		0,1	0,3	0,3		
32	50	90	32	0,3	0,1				0,3	0,1		32	0,3	0,1					0,3	0,1						0,3	0,1			

Figure 4.17 : Impact de reprise et courbe d'expérience du bloc de conception générale

- Analyse des résultats des blocs:

Dans l'analyse on va calculer la distribution de probabilité pour la durée prévue du bloc couplé, puis analyser tout le projet dans une DSM simplifiée de blocs couplés. La Figure 4.18, illustre les résultats d'analyse pour le Bloc 6. Cette Figure montre la probabilité d'accomplissement en fonction du temps. La structuration prévoit : l'accomplissement optimiste à 10% : 46UT, probable à 50% : 50.6 UT et pessimiste à 90% : 55.9 UT.

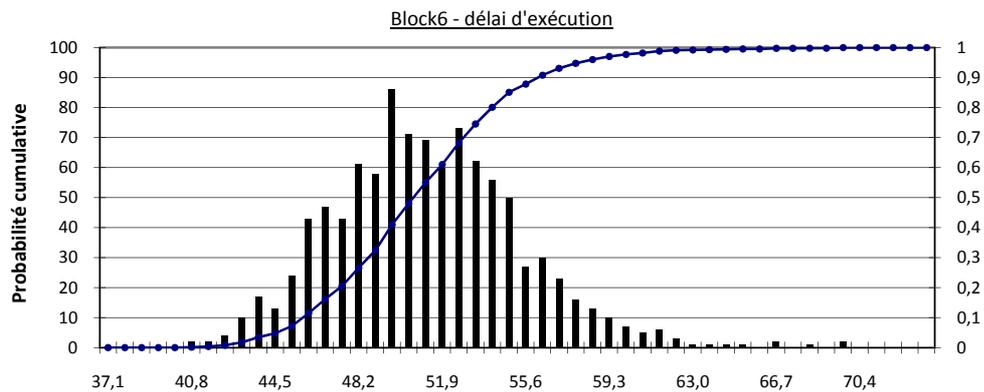


Figure 4.18 : Distribution de probabilité pour la durée prévue du bloc 6

Les durées calculées du bloc couplé sont montrées sur la Figure A3.6 (Cf. Annexe 3). La durée prélevée représente la durée de l'exécution pour la première fois. La durée simulée représente une durée totale comprenant la reprise, et le nombre à l'intérieur d'une barre indique la quantité de chevauchement d'une tâche.

- Résultats de la structuration :

Dans ce module de structuration on a présenté un modèle d'évaluation des performances des processus de développement¹; ce modèle nous permet de trouver l'ordre de tâches optimal et la distribution de probabilité du délai du processus. Ce modèle nous permet d'évaluer de

¹ Modèle développé par Steven D. Eppinger & Soo-Haeng Cho [15]

diverses améliorations de processus. La Figure 4.19 montre le résumé des calculs de délai d’élaboration, et les chemins et séquences critiques principaux.

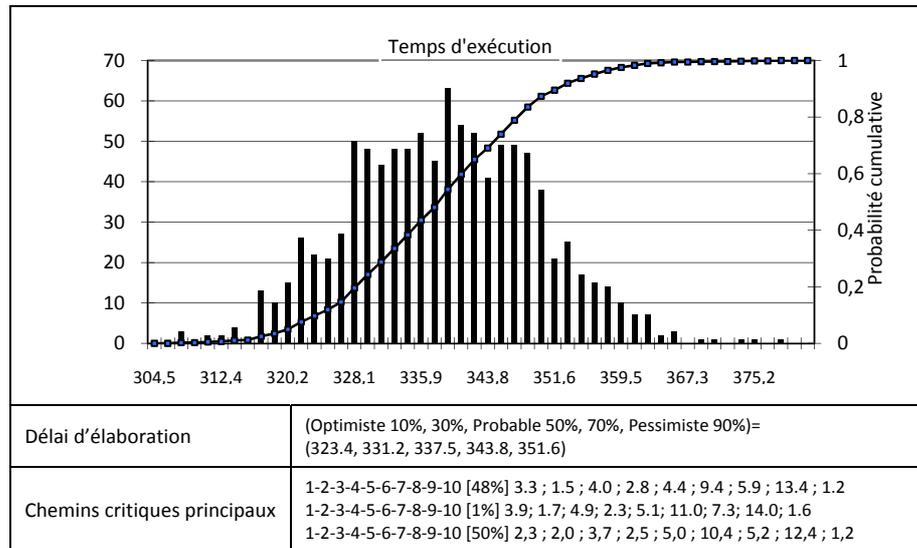


Figure 4.19: Délai d’élaboration et chemins critiques pour le processus

Dans le meilleur scénario de chevauchement le produit peut être réalisé en 327.6j comme illustré sur la Figure 4.20.

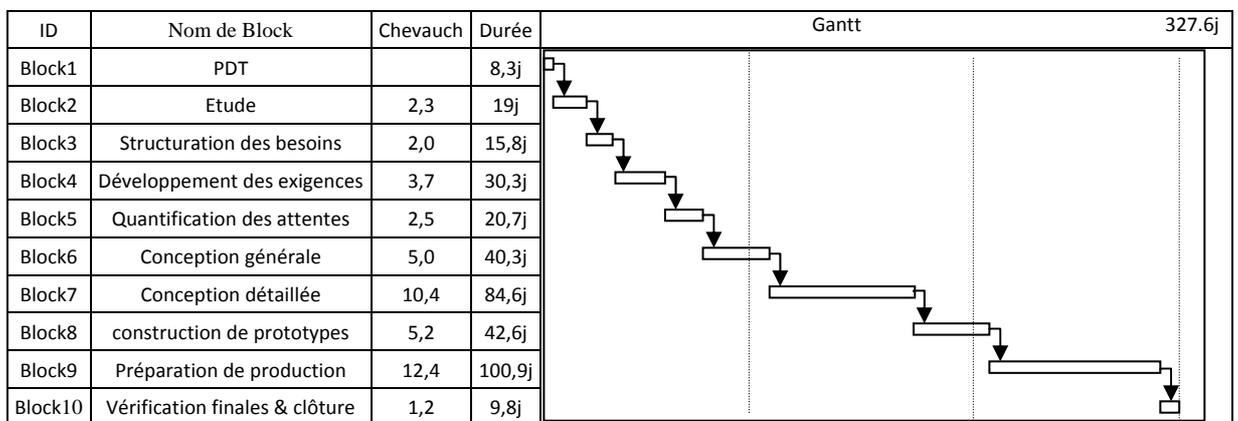


Figure 4.20 : diagramme de Gantt et degré de chevauchement

L’objectif de la structuration est d’aider la planification du processus en prenant en considération l’allocation des ressources et l’élimination des efforts inutiles dans le développement du produit. L’identification des changements dans le processus de développement a l’effet sur le délai et le coût de développement et précise où se trouve exactement le potentiel d’amélioration, et indiquer ainsi, les stratégies les plus appropriées pour l’amélioration comme illustré sur la Figure 4.21. Les flux d’information les plus critiques doivent être identifiés (changement et impact importants liés aux longues tâches du

processus de développement). L'autre objectif de la structuration est la définition du degré approprié de simultanéité entre différentes tâches.

Tâche cible	Stratégie
Tâches qui ont le temps de développement le plus long	Réduire la durée de Tâche
Tâches qui ont le coût le plus haut	Réduire le coût de Tâche
Tâches qui ont la probabilité du changement la plus élevée Tâches affectées par la plupart des Tâches Tâches qui affectent les Tâches longues Tâches qui affectent les Tâches coûteuses	Réduire la probabilité du changement et sa forme
Tâches qui ont l'impact le plus important Tâches affectées par le plus grand nombre de Tâche Tâches coûteuses et qui ont l'impact le plus important	Réduire l'impact du changement et sa forme

Figure 4.21 : Stratégies pour réduire le temps et le coût de développement [2]

IV.2.1.4. Modélisation du processus :

Les interactions dans le DP sont dynamiques en nature et impliquent des facteurs humains, ainsi le modèle est établi pour tenir en compte tous les facteurs possibles afin de présenter une image réaliste du PDP. On a proposé un modèle issu de la dynamique de système pour surveiller et estimer le temps et le coût de DP à simuler sous Vensim¹.

Le modèle comprend des structures décrivant les ressources, les cibles (dates limites et la portée de phase). Les ressources sont allouées pour l'EI, l'AQ, et l'itération. Les pressions pour les ressources sont conduites par la demande de chaque activité comme illustrée dans le modèle et sont influencées par les cibles du délai, de la qualité, et du coût.

IV.2.1.5. Simulation du modèle :

Cette étape de simulation vise d'abord la validation du modèle et du PDP sélectionné dans l'axe I. Les simulations s'effectuent sur un pas de temps de 0.03125 (l'équivalent à un jour de développement). La succession d'états dans le temps représente l'évolution du système. La Figure 4.22 représente le comportement dans les stocks TDEI, TA, TAI. Il s'agit de la durée de vie d'un PDP depuis le départ jusqu'à la fin du processus. Toute simulation commence à partir d'un état spécifié du système, afin de lancer les calculs, nous devons indiquer les conditions initiales pour chacune des variables d'état du système à l'instant $t=0$. L'ensemble des courbes présente la même allure au taux d'accomplissement: une forte croissance suivie d'une croissance moins faible. Cela signifie que le début du projet connaît

¹ Le logiciel Vensim, développé par Ventana Systems, Inc. est employé pour simuler le modèle dans ce mémoire.

un rapport de simultanéité important, il est aussi le résultat de boucle de Feed-Back causée par la découverte d'une défectuosité par l'AQ, et établit entre TDEI, TA et TAI (Figure 4.22).

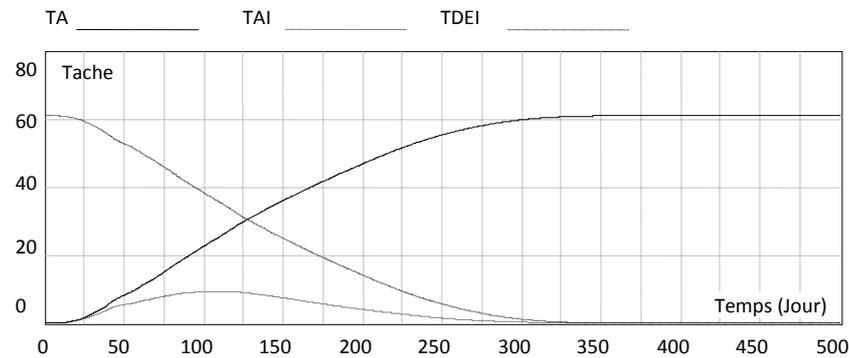


Figure 4.22: Résultats de simulation du modèle de PDP (projet)

Les paramètres de control (entrées) sont à surveiller continûment et leurs valeurs sont changées en fonction de l'état du système, comptant sur l'expérience de PDT. Dans le cas du délai de développement par exemple, on doit d'abord fixer une date limite du programme de développement (TPA) et calculer le temps restant du programme (TPR) ; ainsi que pour toutes les caractéristiques du processus.

Il peut être utile de faire changer les paramètres d'un modèle à partir d'un certain point et de voir son effet sur la performance du projet (mode de jeu et de *synthesim*). Le modèle est exécuté en mode de *synthesim*, quand la valeur de la variable est changée à l'aide des glisseurs, le modèle simule le modèle entier comme illustré sur la Figure 4.23. Le graphe de PPF par exemple, indique la fin du projet, c'est une variable qui prend la valeur "1" lorsque le programme est terminé. Nous pouvons déplacer le glisseur et par conséquent, Vensim simulerait le modèle pour tracer le graphe (Figure 4.23).

Le mode de jeu (Gaming Mode) est employé comme outil de control par lequel on peut changer la valeur de certains facteurs et laisser le modèle fonctionner dans un intervalle du temps au lieu de simuler le modèle entier. On peut alors changer les valeurs pour notre variable et encore permettre au modèle d'exécuter un autre pas du temps et attendre les entrées de la part de l'utilisateur. Ainsi on peut voir que le mode de jeu peut être employé pour prendre des décisions et pour voir leur impact sur le processus.

On note deux comportements sur les graphes, d'abord le projet prend plus de temps, parce que le travail a connu un nombre important d'itérations. Deuxièmement, après l'accomplissement de projet il y a un certain nombre de réapparitions répétées d'activité car la

reprise non découverte émerge et doit être refaite. Le processus finit légèrement plus tard, mais il y a des petites reprises restantes au temps d'accomplissement. Ces résultats illustrent une autorégulation des différentes variables près de la fin du projet. La PDT prend une valeur près de sa valeur maximale pendant une grande partie de la durée du processus (Figure 4.23), et après la fin du processus, le processus connaît une réapparition d'activité.

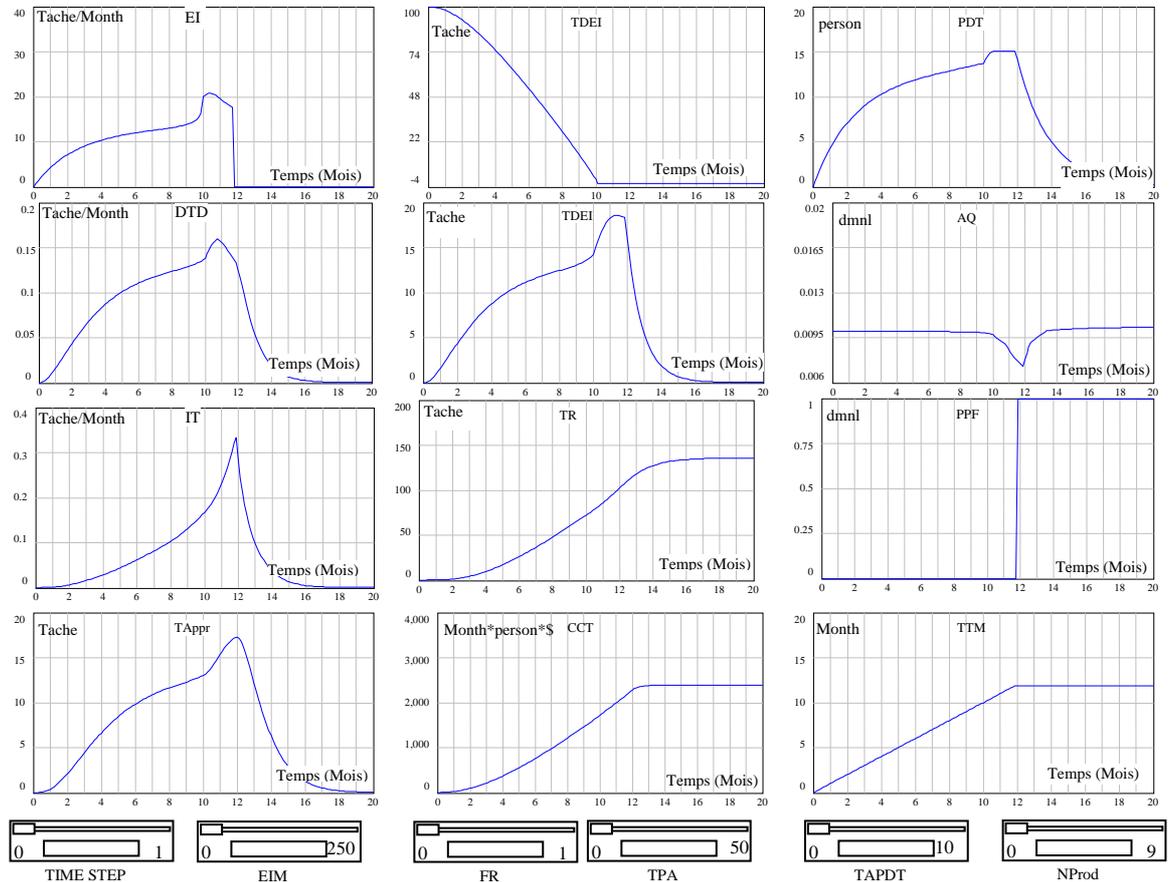


Figure 4.23: Résultats de simulation du modèle de PDP (Mode Synthesim, Ventana Systems, Inc)

Près de la fin du processus, l'équipe de développement tend à se stabiliser en termes de position et d'activité, et une fois le taux d'accomplissement atteint 80%, tout changement au niveau de l'équipe de développement est non souhaitable. Le TTM et le CCT sont les critères les plus importants dans le processus, dans ce travail les valeurs des deux critères de performance basent sur des valeurs subjectives (Figure 4.24).

On peut clairement voir l'utilité de ce modèle lors de la prise de décision. Ainsi nous voyons que ce modèle peut suggérer la valeur optimale pour différentes variables pour l'accomplissement approprié du projet mais il ne pourrait pas toujours être faisable. On peut voir aussi, comment à l'aide de l'outil de la dynamique du système que la modélisation du processus de développement est devenue possible. C'est une technique puissante et peut aider

les membres de PDT en grande partie pour prendre la décision correcte. La dynamique de système est employée pour obtenir une évaluation de la durée et du coût de développement (Figure 4.24), pour exposer le modèle aux différentes conditions et circonstances et voir comment le système se comporterait à ces changements et superviser le projet en cours.

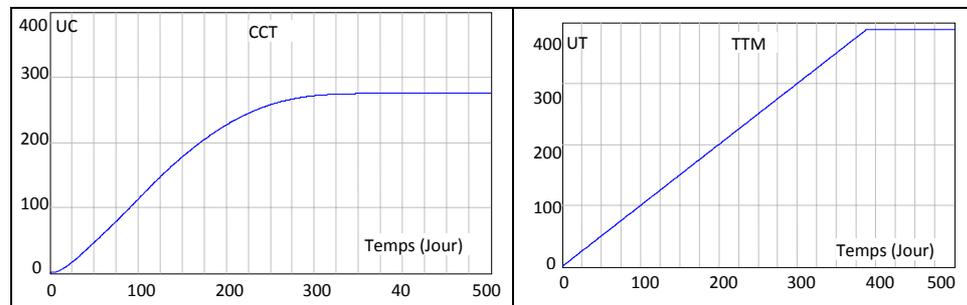


Figure 4.24 : Le CCT et le TTM du processus de développement

IV.2.1.6. Mesure et évaluation :

L'identification des changements dans le processus de développement a l'effet sur le délai d'exécution et le coût du projet de développement et une grande valeur pour l'organisation parce qu'elle précise où dans le processus il y a plus de potentiel pour l'amélioration, et indique la stratégie la plus appropriée pour obtenir les améliorations.

Dans la mesure et l'évaluation, il est important de répondre aux questions de l'effet du changement des valeurs d'entrée sur les différentes cibles et les autres variables et l'interaction entre ces entrées. Les résultats de l'essai de sensibilité peuvent être montrés pour les variables qu'on trouve important selon nos objectifs.

En utilisant les résultats des analyses de sensibilité générés par Vensim, nous avons plusieurs graphes montrant les limites de confiance et les tracés individuels pour toutes les valeurs d'outputs (TTM, CCT, TACC, etc.) qui ont été générés quand les paramètres de control (AQN, EIM, etc.), ont été aléatoirement changés autour de leurs distributions. L'ensemble de données contient maintenant le comportement standard pour toutes les variables avec les valeurs constantes du modèle original, et une gamme de valeurs pour le comportement des taches générés par les simulations de sensibilité.

Le modèle du processus de développement à évaluer est représenté sur la Figure 3.3, et contrôlé par les paramètres montrés sur la Figure 4.26. Le processus de développement est simulé pour une date limite TTM=TPA et coût cumulatif total CCT comme représenté sur la Figure 4.24. L'objectif du modèle représente la meilleure performance en termes du coût et du

délai et des rapports acceptables d’assurance de qualité. La prochaine étape est de calculer les intervalles de tolérance, ils peuvent être obtenus avec l'aide du graphe de sensibilité dans le logiciel Vensim.

La traduction des percentiles de Vensim dans les intervalles de tolérance se repose sur la prétention que les entrées peuvent être changées indépendamment les uns des autres. Lors de l’identification des paramètres supérieures, on doit vérifier s’ils sont corrélés ou non. Si oui, on procède à l’emploi des estimations de Vensim. Si elles ne sont pas, nous devrions élargir le modèle pour représenter les interdépendances. Le modèle élargi inclurait les nouveaux paramètres, qui sont susceptibles d’être incertains. Les paramètres de control sont représentés par des glisseurs sur la Figure 4.25. Nous avons placé la largeur de chaque glisseur pour représenter l’intervalle des incertitudes montrées sur la Figure 4.26.

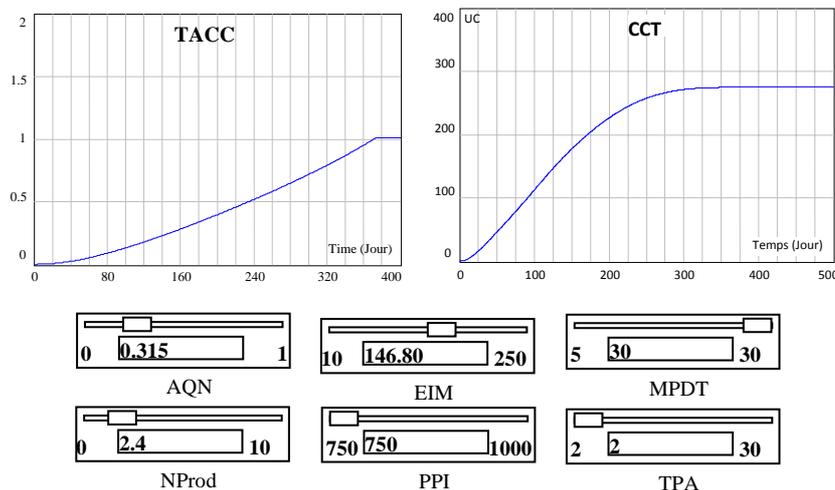


Figure 4.25 : Essai informel des paramètres incertains

La Figure 4.25 montre une vue du modèle de PDP pendant l’exploration de la réponse du modèle aux changements multiples des six entrées. Avec le mode " SyntheSim", on peut rapidement explorer la réponse du modèle sur un intervalle quelconque et les combinaisons possibles des six entrées.

Paramètre		Intervalle d’incertitude (50 Simulation, Pas du temps 1Jour, LHS)
Assurance qualité normale	AQN	Uniforme(0.1,0.9)
Exécution initiale maximale	EIM	Uniforme(5,20)
Effectif maximal de PDT	MPDT	Uniforme(10,30)
Portée Initiale du processus	PPI	Uniforme(750,1000)
Productivité normale	NProd	Uniforme(1,10)
Temps d’accomplissement programmé	TPA	Uniforme(750,1000)

Figure 4.26 : Valeurs initiales des paramètres incertains

Avec 50 simulations, en utilisant l'échantillonnage LHS pour choisir les valeurs des six entrées dans chacune des 50 simulations (Figure 4.26). Vensim, le logiciel employé, tient en compte une variété de distributions statistiques ; nous assignons la distribution aléatoire uniforme à toutes les entrées. Les résultats de l'analyse sont montrés sur la Figure 4.27 et Figure 4.28. La Figure 4.27 montre les 50 exécutions comme des tracés individuels pour le coût cumulé total (CCT) et le taux d'accomplissement (TACC).

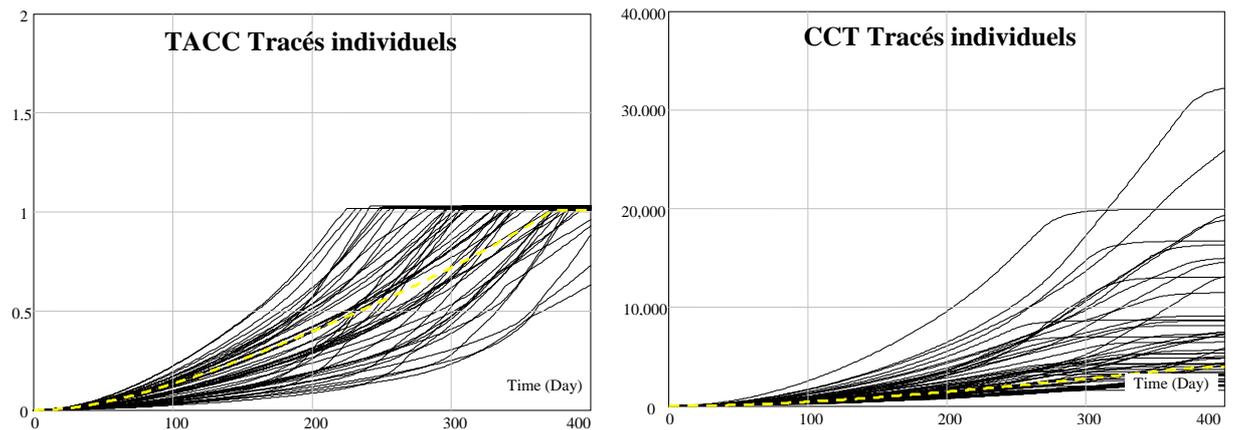


Figure 4.27 : Tracés individuels du test de sensibilité pour le CCT et le TACC

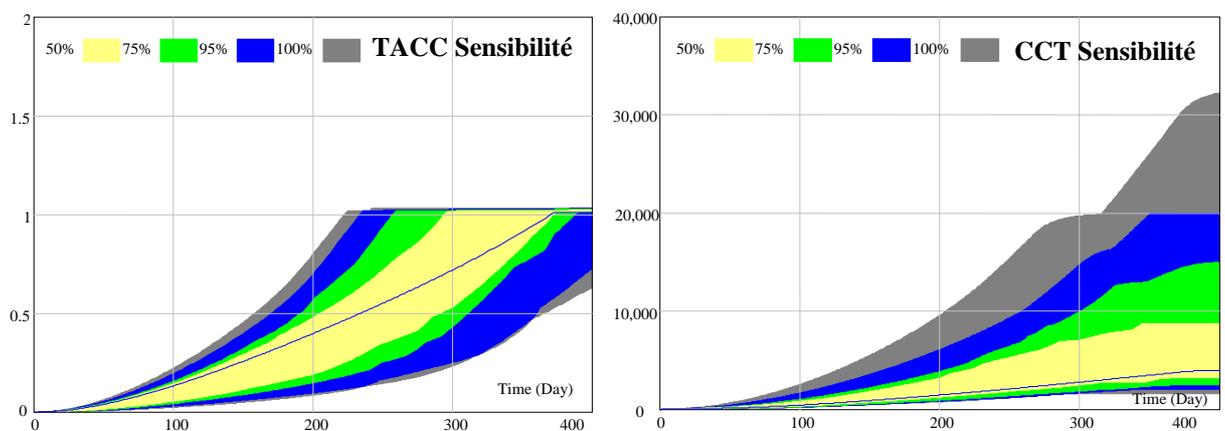


Figure 4.28 : Percentiles du test de sensibilité pour le CCT et le TACC

Cette figure montre les résultats d'analyse de sensibilité du modèle développé pendant le chapitre III, la portée de la phase est 1000 Tâches mais le nombre de tâches est uniformément incertain (entre 750 et 1000 tâches) ; même chose pour les autres paramètres comme illustré sur la Figure 4.26. Les intervalles du percentile de Vensim sont montrés sur La Figure 4.28. Le percentile 100% est ombragé pour clôturer toutes les simulations, le percentile 95% est constitué par l'élimination de l'exécution la plus basse et la plus élevée, le percentile 90% est constitué par l'élimination des cinq exécutions inférieures et cinq

supérieures. Ces intervalles peuvent être traduits en intervalles de tolérance avec un niveau indiqué de confiance. La confiance C des percentiles 100% de Vensim est liée aux valeurs de simulation est : $C = 1 - p^n - n * (1 - p) * p^{(n-1)}$ [29]. Où n représente la taille de l'échantillon (50 exécution) et p est la proportion de la population à couvrir par l'intervalle.

Quelques simulations montrent l'accomplissement du processus de développement en 220Jours avec un coût cumulatif total de 20.000 UC. D'autres simulations montrent que le processus de développement ne pourrait pas être accompli selon les objectifs. La traduction des intervalles de percentile dans des intervalles de tolérance repose sur la prétention que les paramètres supérieurs sont indépendants l'un de l'autre. Nous employons l'analyse de la corrélation entre les paramètres pour trouver les paramètres les plus influents au modèle et dans le processus [29]. Le coefficient de corrélation simple (CC) s'étend entre ± 1 et mesure la force du rapport linéaire entre deux variables sans compter les autres variables qui pourraient être influentes. Le CC (r) est représenté par l'équation suivante:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Figure 4.29 et 4.30 montrent les coefficients de corrélation pour 400Jours de simulation, prenons le graphe de corrélation de paramètre du CCT CC Sensibilité illustré sur la Figure 4.30. Dans les sept premiers mois de simulation, nous voyons que la valeur initiale de PPI se tient comme paramètre important ou supérieure, avec un CC=0.3 pour le CCT CC Sensibilité.

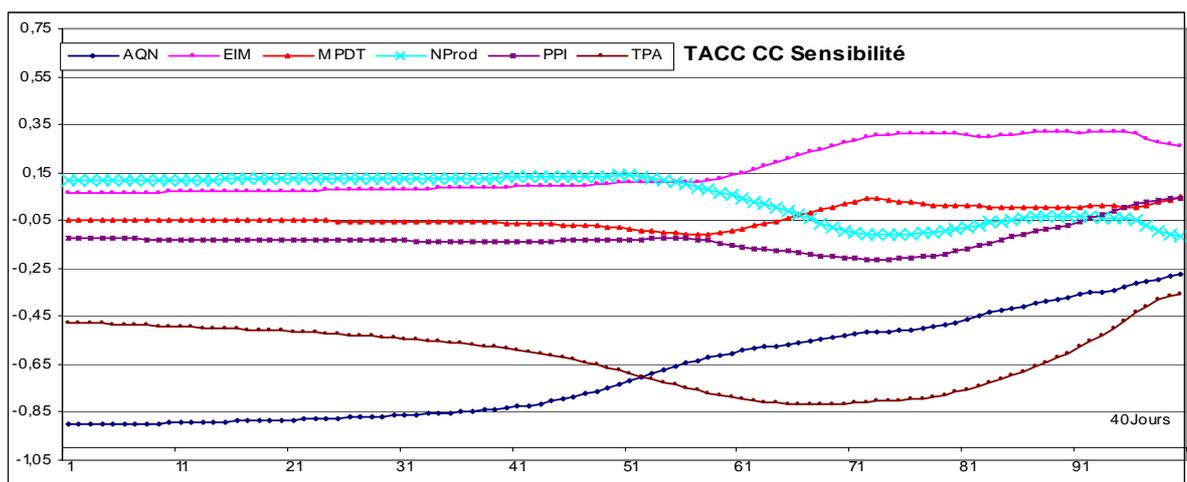


Figure 4.29 : Coefficients de corrélation pour les six entrées pour le CCT

Ce CC dans les premiers sept mois de simulation est expliqué par les valeurs initiales attribuées au PPI. Ce paramètre perd cette supériorité devant les autres paramètres pendant

toute la durée restante du processus et se décale de cette supériorité pour devenir 2^{ème}, puis 3^{ème} derrière l'assurance qualité normale (AQN) en termes d'importance.

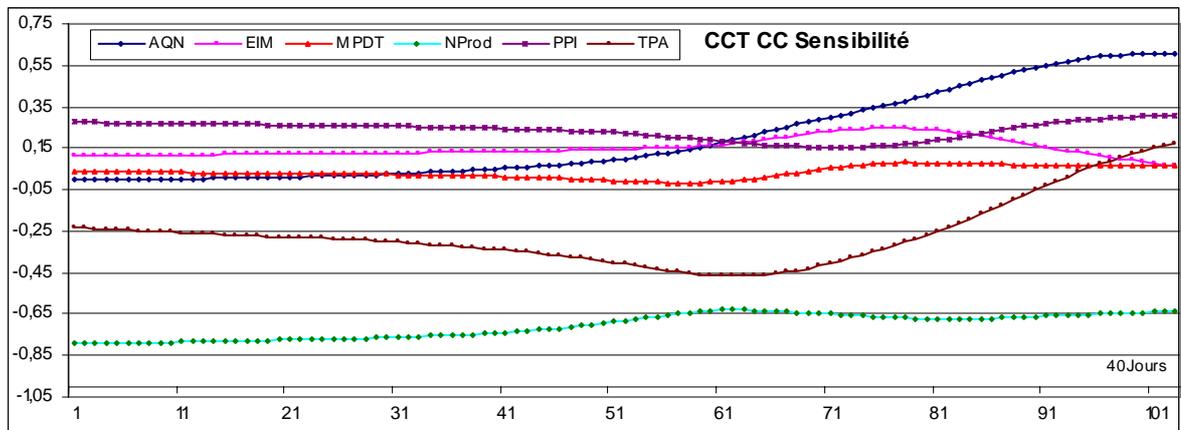


Figure 4.30 : Coefficients de corrélation pour les six entrées pour le TACC

Ce paramètre contrôle le coût cumulatif total par le contrôle de l'exécution initiale (EI). Le paramètre de productivité normale est aussi important comme le PPI avec une corrélation négative de 0.8 pendant la durée du processus. Ce paramètre contrôle le coût cumulatif total par une boucle positive de Feed-Back. Un taux de PPI élevé, augmente le coût cumulatif total et un taux de productivité normale (NProd) élevé diminue le coût cumulatif total. La Figure 4.29 et 4.30 montre aussi le changement au niveau du classement des paramètres en termes de supériorité pendant le temps de la simulation.

IV.2.2. Axe 02 : Programme de développement :

La génération de produits passe par un programme de développement qui comporte trois phases principales¹ illustrées sur la Figure 4.31. Avant d'entamer le programme de développement, des décisions stratégiques sont à prendre. Ces décisions concernent l'évaluation du niveau de capacités requises (processus, ressources, etc.), le portefeuille de produits, le plan commercial du nouveau produit, les études de stratégie du produit et de technologie et de réutilisation, la demande et l'offre dans le marché, le plan d'assurance de qualité, et les exigences des réglementations, des normes et de sûreté.

L'initialisation du programme de développement nécessite aussi l'élaboration d'une équipe de développement du produit qui va mettre le PDP en action, la définition des tâches et

¹ Le processus qu'on propose base sur l'EQFD de (D. CLAUSING), décrit dans le Chapitre de Développement du Produit.

des responsabilités et l'identification du noyau du groupe multifonctionnel. Le programme proposé compte 80 activités ou sous-étapes, ces activités sont illustrées dans l'annexe 3.

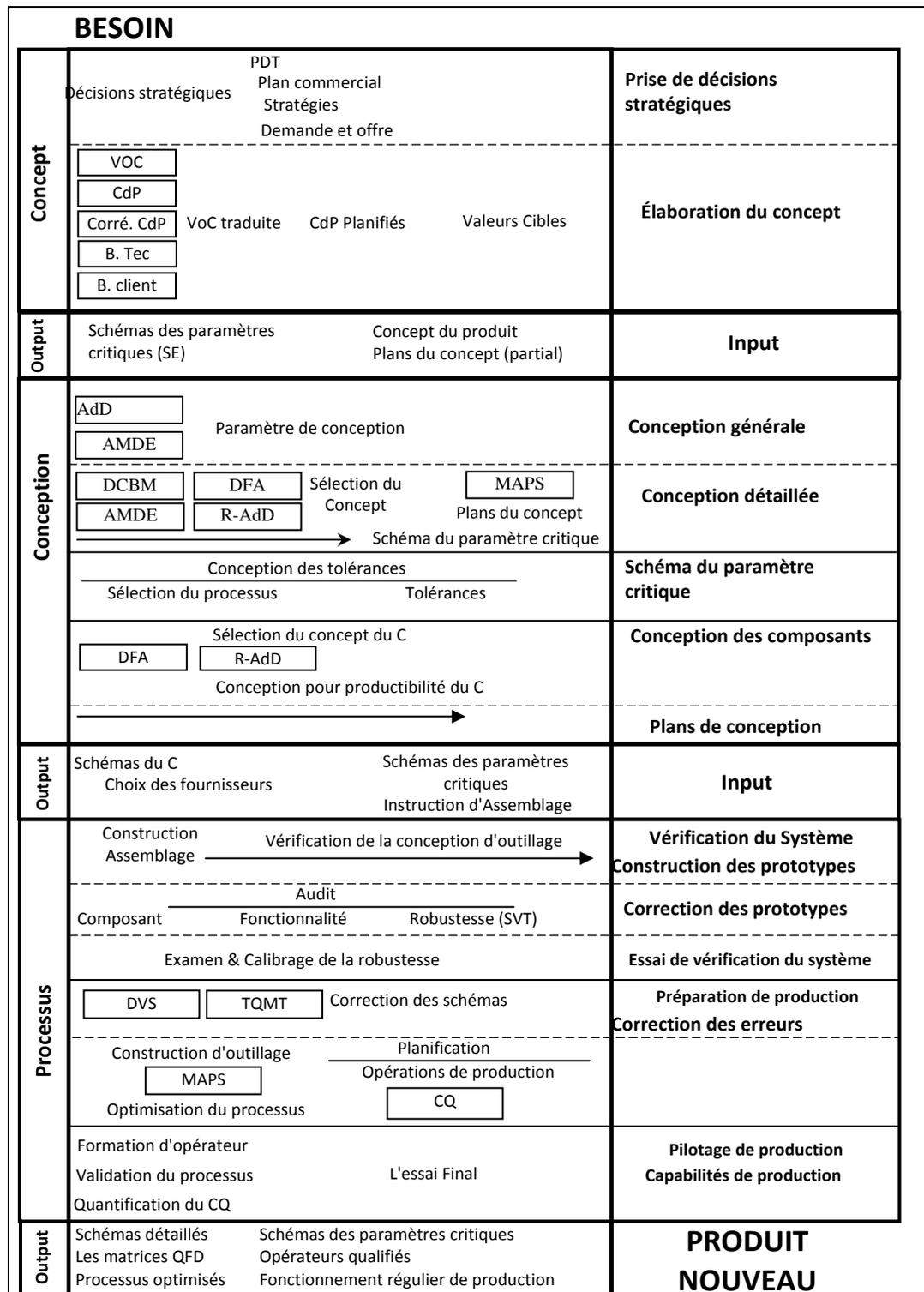


Figure 4.31 : Plan du programme de développement ERIS

IV.2.2.1. Phase 1 : Élaboration du concept :**IV.2.2.1.1. Définition d'exigences :**

L'élaboration du concept est abordé par : la capture de la VoC (plus subjectif et qualitatif et moins objectifs et quantitatif), la définition des CdPs (plus objectif et quantitatif et moins subjectif et qualitatif) et l'évaluation Benchmarking de l'environnement (acteurs du marché, concurrents "niveau Zéro", fournisseurs, etc.). Dans le cas où le produit est caractérisé comme "complexe" la définition des exigences se fait au niveau de chaque composant tout en respectant l'interdépendance entre les composants.

Beaucoup de questions doivent être s'adressées en développant les attentes du produit comme : les fonctions du produit, les modes d'achat et l'état du produit (dimension, poids, taille, esthétique, aspect, goût, odeur, bruit, sensation, Ergonomie et Coûts).

- **Capture de la voix du client :** l'entreprise capture la VoC (explicite et implicite) n'importe comment dans un contexte stratégique (produit, technologie et réutilisation). La voix peut être explicite ou implicite. Puis une analyse fonctionnelle de besoins et de caractéristiques va décortiquer les exigences et les caractéristiques à un certain niveau en fournissant la perception maximum des exigences et des caractéristiques. L'analyse des besoins du système devra fournir une liste de spécifications du système :

- **Définition des caractéristiques du produit (CdPs):** Les caractéristiques du produit sont la description technique qui définit le produit et qui sont prévues à être réalisées dans le nouveau produit. Ces caractéristiques ou exigences techniques seront développées (par segment, fonction, coût, etc.), organisées (par priorité, fonction, etc.) et corrélées avec les attentes de la clientèle dans cette phase de concept tout en considérant la corrélation entre chaque paire de caractéristique pour faire explorer les opportunités et les défis à faire face.

- **Etude Benchmarking :** L'étude Benchmarking concerne les perceptions du client sur les produits existants en termes de points forts et faibles dans le marché. Elle concerne aussi l'évaluation des produits concurrents par le démontage et les analyses nécessaires en termes de supériorités observées, tendance de technologique, et perception du client.

IV.2.2.1.2. Etude de faisabilité & sélection du concept :

L'étude de faisabilité est une étape conditionnelle donnant le feu vert à la continuité du projet de développement toute en respectant les orientations stratégiques, les aspects de faisabilité technique et managériale. En faisant les trois études de la première étape, nous avons la capacité de déterminer la faisabilité du projet de développement en termes de difficulté technique, de capacité du processus de fabrication et du personnel, de risque d'affaire, de fournisseurs, de coût, et de délai. A la fin de la phase concept, nous aurons plusieurs concepts et critères qui sont tous meilleurs et qui ont besoin à un processus de sélection du concept (PSCP par exemple). Après la sélection du bon concept, l'accomplissement des caractéristiques fonctionnelles et techniques, les exigences qu'on sort avec, doivent être: *rigidifiées, ce que le client veut, supérieur aux concurrents, et réalisable.*

IV.2.2.2. Phase 2 : Conception du produit :

Dans cette phase, le concept élaboré pendant la phase de concept et décrit comme faisable ; sera développé. Cette phase contient: la conception générale et détaillée.

- **Conception générale :** Cette étape effectue la conception de tolérance pour sélectionner le niveau économique de précision des valeurs cibles des PCC. Pour chaque paramètre de conception, on sélectionne le matériel spécifique, les machines, les outils et les valeurs PPC.

Conception squelettique : cette première étape de la conception inclut :

- L'identification et la conception des PCC par la simple expérience de PDT, par la combinaison de l'AdD, l'AF, l'AMDE, et l'approche Taguchi en tenant en compte les décisions d'ingénierie du système, d'opérabilité, et du coût ;
- L'élaboration des SPC pour l'illustration des valeurs critiques et optimisées et assurer la fonctionnalité robuste.

Spécifications détaillées du composant : cette étape vise :

- La conception Benchmarking Compétitive (DCBM) ;
- La conception détaillée : inclut la conception pour assemblage (DFA), l'AF (le DCBM pour une nouvelle conception), et la sélection du concept ;
- la sélection du matériel et du processus (MAPS) nécessaire pour la fabrication du produit ;
- La révision du plan commercial en termes de production, de distribution, de ventes, de service, de volume de production reflétant les conditions du marché.

- Conception détaillée :

Conception de tolérances : cette étape inclut la conception des tolérances (précision économiques des valeurs nominales) qui vont accomplir les SPC et la sélection du processus de production en tenant en compte les critères commerciaux et de production.

Conception détaillée des composants : parallèlement à la conception de tolérance, dans cette étape, le concepteur accomplit la conception détaillée et la conception pour production de tous les composants et sélectionne la bonne conception.

IV.2.2.3. Phase 3 Construction du prototype :

Durant la conception on a déjà fait allusion aux prototypes à réaliser et sa production, cette étape fait la transition de la conception à la focalisation sur la capacité de production et sur la maintenabilité. Cette phase concerne la construction des premiers prototypes à partir des schémas de conception, l'assemblage de prototypes, la vérification de la conception d'outillage de production, et la résolution des problèmes de production. La correction des prototypes par des approches efficace parmi lesquelles : l'audit du composant, de fonctionnalité, et le contrôle de robustesse. Dans le cas de produits complexe, "un plan d'intégration pour les différents composants du produit devrait être met au point incluant les exigences, les procédures, responsabilités et échéanciers des testes correspondants, par la suite l'activité d'intégration consiste à appliquer le plan d'intégration établi" [27].

IV.2.2.4. Phase 4 : Essais, vérification & validation :

- **Essais** : Dans cette phase, le produit doit faire face tous les essais nécessaire pour démontrer sa capacité tout en alternant entre cette phase et la phase de construction du prototype et de conception. Dans cette phase l'équipe doit utiliser une méthodologie stricte pour réaliser les essais, les vérifications et la validation.

- **Vérification & Validation** : les Tests de Vérification de la robustesse du Système (SVT) et la comparaison entre robustesse concurrentielle et robustesse réalisée pendant la phase de conception. À ce point, la vérification du système est complète, et le produit doit gagner son essai de comparaison en montrant du meilleur ratio SN que le produit concurrent.

IV.2.2.5. Phase 5 : La préparation de production & clôture de programme :

Cette phase de préparation de production concerne la mis en production et le passage au mode opérationnel de la nouvelle conception, et "décrivant les ressources et les informations

nécessaire pour procéder correctement à l'installation" [18, 2000]. La préparation de production qui fait la tâche essentielle de cette dernière phase a comme objectif la correction des erreurs de conception par la SVT, les outils de qualité et le développement de la capacité de production. Quant au pilotage de production, ses objectifs sont la formation du personnel, la validation d'outils, les derniers essais de démonstration, l'équilibrage des charges de travail et l'élimination des problèmes qui restent avant la production.

- Développement du processus de production :

- La correction des erreurs de conception par la SVT et les outils du TQM ;
- Développement de la capacité de production : les sous-étapes de cette étape sont:
 - construction d'outillage de production ;
 - conception des paramètres des processus en visant la robustesse de sorte que les composants soient uniformes ;
 - planification des opérations de production : inclut, par exemple, la maintenance de l'équipement, la formation des opérateurs, et l'installation des points du CQ.

- Contrôle qualité : Le contrôle qualité inclut le CQ en ligne qui est l'intervention sur le processus pour réduire la variance de production :

- Le contrôle Feed-Forward : les résultats du contrôle sont envoyés au processus suivant, où les actions correctives sont prises avant l'exécution du processus ;
- L'inspection par la mesure *go/no go*, elle consiste à assortir les bonnes unités produites des défectueuses après la production ;
- Le contrôle Feed-Back : les résultats du contrôle sont réintégrés dans le processus précédent, où l'action corrective est prise. Les actions correctives sont de trois types : ajustement du processus sur la cible, réparation du processus, et révision du processus.

- Formation du personnel de production : formation et sensibilisation du personnel impliqué à la production, puis la responsabilité se transfère à la gestion de production.

- Clôture du programme : avant la clôture du programme ; il reste l'équilibrage des charges de travail & l'approbation du budget physique de production relatif à la production du nouveau produit, la détermination des capacités réelles de production et les caractéristiques techniques des différents processus de production.

À ce point et en parallèle avec les activités de préparation de production, la PDT travaille sur le processus de lancement du nouveau produit. Le lancement concerne les activités du Marketing opérationnel (les quatre P, le plan de mise en œuvre et le lancement). Après avoir éliminé tous les problèmes et passé les essais de démonstration, le produit se place dans la production, sinon toute correction aura lieu dans une nouvelle version de produit. Le temps du développement, la qualité, UMC, et les caractéristiques de satisfaction du client seront mieux que dans un processus traditionnel.

IV.2.3. Axe 03 : Organisation de développement :

Dans le processus de développement, l'entreprise adopte un mode d'organisation adéquat, affecté par la nature de produits, la taille de l'entreprise et l'environnement dont lequel elle s'évolue. Les représentants de métiers concernés par ce processus doivent se mobiliser en une équipe présidée par un chef du produit (disposant du caractère de leadership). Chaque membre représentant une telle fonction, doit être capable de représenter la connaissance de cette fonction, et doit avoir l'engagement de la fonction qu'il représente envers les décisions prises par l'équipe de développement. La composition de l'effectif ne doit pas se changer soudainement, mais elle variera au fur et à mesure de l'avancée du processus selon le besoin de l'équipe à tel métier ou telle fonction. Le processus de développement comporte : six phases et douze étapes, et 26 revues d'étapes faisant partie de six revues principales de phases, accomplies par les acteurs suivants pendant les différents phase et étapes de développement (Figure 4.32).

Membre	Niveau	01	02	03	04	05	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	6	7	20	21	22	23	24	25	
Client		1	2	2	2	2	B																			1	
Étude de marché		2	2	2																						2	
Étude Benchmarking	1	3	2	2	2																					3	
Analyste de marché		4	2	1	1	1																					4
Marketing Opérationnel		5	2	1	1	2																				5	
Chef PDT		8			2			1	1	2	A															8	
Chef Section Produit	2	9			2			1	1																	9	
Département R&D		10			2			1	1																	10	
Ingénieur de projet		11						1	1	1																11	
Approvisionnement		12								2	2	2	2	2	2	2	2	2	C							12	
Ingénieur de qualité		13								1	1	2	2	2	2	2	2	2								13	
Ingénieur de système		14								1	2	2	2	2	2	2	2								14		
Ingénieur (Automatique)	3	15								1	1	2	1	2	2	2	2								15		
Ingénieur (Électronique)		16								1	2	1	1	2	2	2								16			
Ingénieur (Mécanique)		17								1	1	2	1	1	1	2	2								17		
Ingénieur (Électrotech)		18								1	1	2	1	1	1	1	2								18		
Ingénieur (Essais)		19								1	1	2	1	1	1	1	1								19		
Comptable		6																	2	D					6		
Financier		7																	2						7		
Ingénieur (Production)		20								1	1	2	1	1	1	1	1	1	E					20			
Rep (Section soudage)	4	21																		1	2	2	2	2		21	
Rep (Section mécanique)		22																			1					22	
Rep (Section Finition)		23																			1					23	
Rep (Assemblage)		24																			1					24	
Fournisseurs		25										2	F												25		

Figure 4.32 : Matrice Structurale de la Conception pour l'équipe multifonctionnelle

La nécessité du passage à une entreprise orientée Client exige la formation du personnel à la compréhension de la Valeur Client et de la VoC le long de la chaîne de valeur. Cette nécessité de formation va assurer une base de savoir faire et de nouvelles expérience efficace de développement du produit et la maîtrise de nouvelles techniques et outils de management. Parmi les approches favorables on cite la formation "juste à temps" et l'approche LUTI.

IV.2.4. Axe 04 : Management de développement :

- Processus de management :

Le développement du produit ne se fera pas dans un vide de management, "Le processus de management est un facteur décisif de l'amélioration lié à la nature de l'avantage recherché, celui-ci dépend du type d'activité de l'entreprise, et des risques à gérer." [11]. Il consiste à établir un processus qui est défini et qui peut être répété. "Les principales activités consistent à initier une tâche, un projet ou un processus en définissant ses objectifs et son étendue, à planifier son exécution selon des critères définis, à réaliser le plan en effectuant des ajustements au besoin, selon un processus contrôlé incluant un aspect de suivi périodique" [27]. Le processus de management doit aussi s'assurer de faire des revues, des évaluations et des bilans durant le déroulement de tout processus géré et à la fin de celui ci. Le rôle du management est de fournir la clarté, l'unité, les ressources, et de conduire l'amélioration.

Le programme de développement du produit exige un processus de contrôle de qualité faisant partie du système d'amélioration continue illustrée sur la Figure 4.33 (contrôle et vérification de performance planifiée). La Figure 4.33 illustre un système de PDCA pour le développement du produit, c'est une combinaison de contrôle Feed-Back et Feed-Forward pour les activités du DP, où l'équipe planifie initialement le programme N1 du produit N, l'exécute, et puis elle compare le statut avec le programme N1 dans une première vérification, puis les non-conformités et problèmes sont envoyés en tant que Feed-Back et Feed-Forward pour guider les actions qui vont corriger ces problèmes.

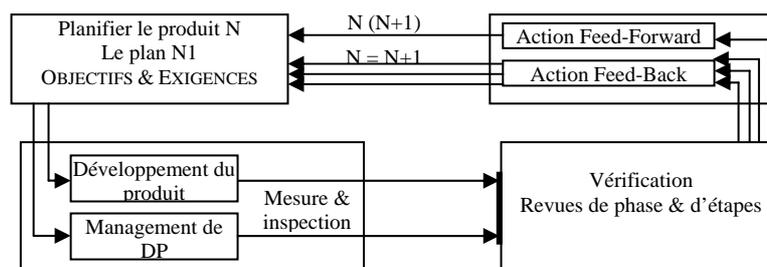


Figure 4.33 : Plan du Processus de management PDP-ERIS

Le management du programme de développement doit décider un plan de qualité, que toutes les phases de développement doivent s'accorder avec. Le plan de qualité focalise sur la VoC, la robustesse, la sélection du concept, l'intégration, le groupe multidisciplinaire, etc. Le rôle du management de la qualité est d'effectuer la planification et la gestion du programme d'assurance qualité (axée sur le produit, sur le PDP, et sur le système de qualité). Ce plan traitera des points tels que la satisfaction du client et les programmes internes d'amélioration de la qualité. Le processus de management de la qualité inclut : un plan de management de la qualité documenté, la définition des métriques, le management de la qualité, et l'identification des besoins d'amélioration de la qualité.

Le rôle du management du programme de développement (opération interne du DP) est la conduite des efforts de développement dans le cadre de l'ingénierie simultanée, fournir les conditions nécessaires pour le DP, gérer les phases, revues et itérations de développement, gérer un système d'indicateurs pour le DP, aider à trouver l'unité en termes d'organisation, de communication et d'objectif (tout en considérant le changement culturel et l'unité nécessaire dans l'équipe de développement), allouer les ressources nécessaires pour le DP justifiées par un processus de budgétisation et les critères de compétitivité. L'autre rôle du management du programme de développement est de veiller sur l'implantation du PDP et de mener et conduire l'amélioration continue.

L'entreprise a besoin d'évaluer l'efficacité et mesurer les résultats de son programme développement du produit à l'aide des indicateurs de développement pour mener les actions d'amélioration et d'optimisation pour les projets actuels et futurs, d'assurer la meilleure prise de décision, et d'enrichir le patrimoine de l'entreprise afin d'en améliorer les performances¹. Pour que les indicateurs de performance fonctionnent efficacement et qu'ils puissent assurer le pilotage global de la performance de l'entreprise, il faut qu'ils soient intégrés dans un SIP dont le besoin d'une démarche globale et structurée afin de pouvoir concevoir un SIP cohérent avec les objectifs stratégiques de l'entreprise.

En parallèle avec les phases de développement du produit, nous avons estimé nécessaire d'assurer ce que (20) l'appel la traçabilité des études par un système documentaire constituant la bibliothèque d'informations sur les différents états du produit. "Ce système documentaire a eu pour missions d'apporter des preuves formelles de la pertinence des actions menées, et de

¹Un total d'environ 30 indicateurs principaux (plus de centaines ou de milliers qui pourraient être identifiés) sont à identifier et à manager pour un produit complexe [11].

constituer la mémoire du projet en vue de la transmission des savoirs et savoir-faire développés dans le cadre du projet" [4]. Au niveau de chaque phase du processus de développement, la documentation doit être clairement communiquée et distribuée, compréhensible par les acteurs concernés au niveau de la phase et non ambiguës, détaillées selon le besoin, rigidifiées et mise à jour.

- Management de risques :

L'identification de la complexité de développement du produit permettra l'appréciation des risques et sa mesure par la suite. La complexité du PDP est montrée sur la Figure 4.34. Le PDP confrontant un ensemble de risques de développement, doit se servir de modes de management nécessaires pour gérer ces risques dans le cadre d'une stratégie d'amélioration du PDP. C'est la responsabilité du comité de développement de produit.

Le risque technique est le plus sérieux parmi les autres en raison des exigences élevées de la qualité et la complexité du produit dans les différentes phases de son cycle de vie. Les caractéristiques des GE rigidifiées dans les premières phases de développement, et les itérations interphase "trop minimisées" rendent le risque technique plus critique.

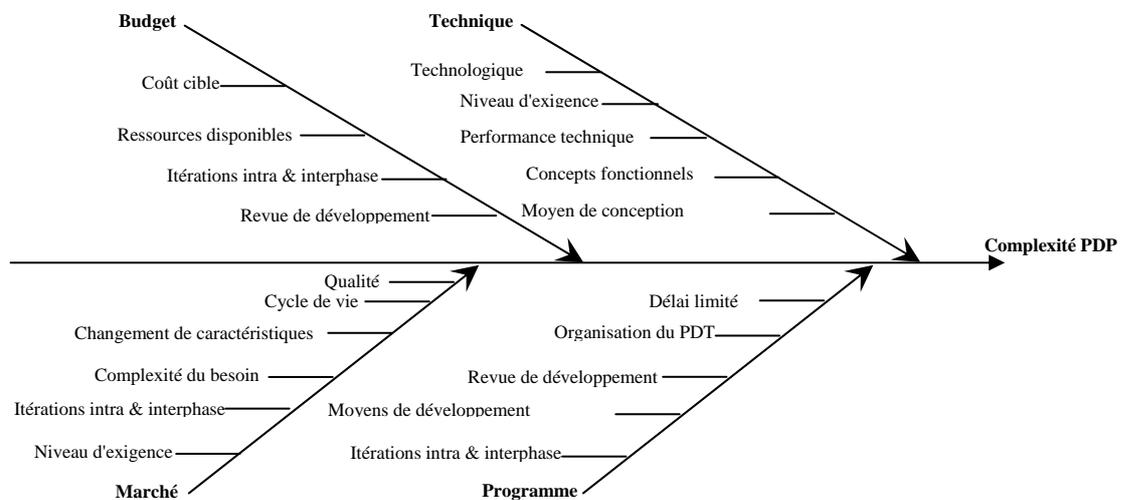


Figure 4.34 : Complexité du processus de développement du produit

La façon de gérer les itérations et les revues (en interdépendance ou en indépendance) peut répondre à ce besoin, pour traduire ce besoin en actions perspectives, quatre opérations aident à mieux concevoir les PDPs (Figure 4.35) :

1. Identifier et prioriser les risques de projet dans un programme de développement. Cette identification base sur l'expérience antérieure ou sur les incertitudes identifiées ;
2. Assigner chaque risque à un cycle particulier de phase, d'itération, d'étapes ou de revues ;

3. planifier les cycles d'itérations adressant les risques assignés ;
4. Ordonnancer les revues nécessaires en période, en cycles de phases, et par risques.

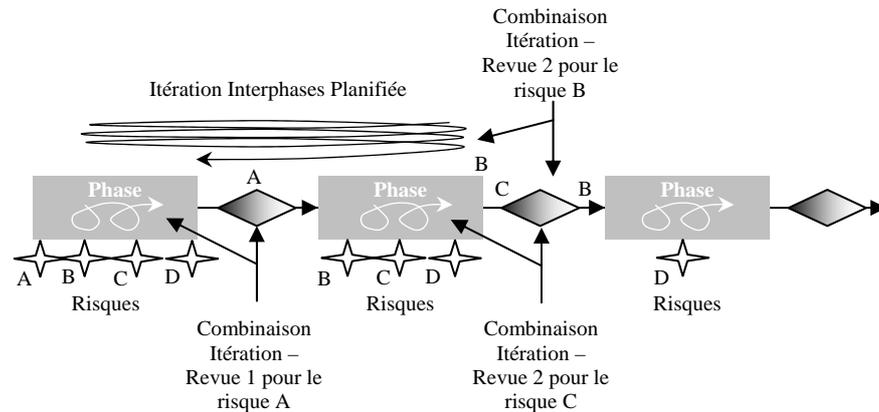


Figure 4.35 : Plan de la planification d'itérations et de revues adressant les risques de DP [1]

- Processus d'implantation :

L'implantation d'un processus de développement comme tout autre projet d'amélioration est importante et n'est pas simple, parce qu'elle va se confronter une certaine résistance au changement. L'implantation exige deux facteurs: un événement émotionnel significatif (le danger que représente la concurrence), et la conduite du Top management.

L'implantation est un projet à moyen terme, elle doit être soutenue par l'engagement dans les hauts niveaux, doit avoir une priorité élevée, budgétisé, et doit être fortement intégré dans le plan de fonctionnement de l'entreprise. L'implantation d'un tel processus, suit un processus à quatre phases: (1) prise de conscience (introduction), (2) appréhension, (3) pilotage de projets (implantation), et (4) déploiement (Cf. Figure 4.36)¹.

1. phase d'introduction : dans cette première phase, le top management (ou un groupe chargé de la nouvelle amélioration) adopte l'amélioration, l'apprend, l'introduire, la personnaliser selon le besoin de l'organisation, et conduire la sensibilisation et la formation nécessaire pour l'introduction de la nouvelle amélioration.
2. phase d'appréhension : le groupe chargé de la nouvelle amélioration aide le top management à apprendre et à développer un plan d'implantation.
3. phase l'implantation : cette phase est conduite du nouveau projet d'amélioration par le top management, elle concerne la mise en œuvre du plan d'implantation.
4. Phase de déploiement : dans cette phase, la nouvelle amélioration se déploie sur le

¹ D. Clausing, d'après un cas pratique, a identifié deux questions caractérisant le modèle d'implantation: la focalisation sur le contenu ou sur l'organisation, et les différents niveaux de l'organisation.

personnel concerné par le processus de développement du produit (la PDT).

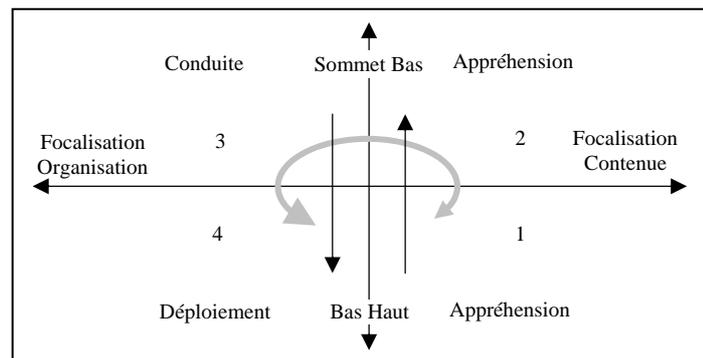


Figure 4.36 : Chemin dynamique de l'implantation

L'implantation du PDT-ERIS, passera par deux phases : l'introduction et l'appréhension, et l'implantation. Un plan d'implantation est nécessaire pour guider l'introduction de la nouvelle amélioration, ce plan adresse la mise en conscience et l'appréhension de l'organisation entière, la description, la personnalisation, et l'internalisation détaillées du PDP, la promotion de la nouvelle amélioration, et la formation des employés. Le plan adresse aussi la coopération avec l'expertise externe et le développement des groupes nécessaires concernés par l'amélioration, le pilotage de projets, et l'exécution.

- Amélioration continue :

L'amélioration continue dans une entreprise est le rôle du TQM, de l'organisation apprenante, et du Benchmarking. Le mouvement du TQM dans une telle organisation va faciliter et diriger toute amélioration, le rôle le plus important de la part du TQM est l'enlèvement des barrières culturelles.

L'implantation ou l'introduction d'une nouvelle amélioration dans toute organisation, nécessite et implique de développer efficacement le changement culturel. Ce dernier implique quant à lui, la résistance aux changements, l'empouvoirement, et la prévention des problèmes. En abordant le changement culturel, on doit identifier les lacunes culturelles dans l'organisation, préparez des inventaires de la culture courante, et les comparez avec les objectifs, et la différence fera la lacune culturelle à surmonter. L'intervention doit être planifiée et suit une approche comme celle des six étapes du modèle II de Argyris. Dans une approche d'amélioration continue impliquée dans un processus de développement, le produit se réalise dans des étapes incrémentales, le produit est impacté par le Feed-Back du marché et du client. Le principe est d'initier un projet de développement basé sur des spécifications

fonctionnelles puis ajouter ou changer une partie des spécifications fonctionnelles pendant que le nouveau produit s'évolue.

- Activité d'innovation :

L'engagement et l'orientation envers l'innovation et les différents projets d'amélioration impliquent une présence directe, permanente et à long terme de l'entreprise dans tous les lieux et à tous les niveaux de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée et du développement des technologies expérimentales¹. Elle implique aussi une veille permanente des initiatives technologiques, commerciales et industrielles privées. L'innovation à ERIS implique aussi, en plus d'un engagement croissant d'acteurs non-militaires qui ont comme objectifs le développement des capacités militaires futures, un système d'information performant et le management efficace des ressources. Le rôle des systèmes d'information est de mettre en connexion un nombre important d'acteurs et une meilleure interaction entre ces derniers. Il s'agit d'un input au même titre que les autres facteurs de production, il est parfois plus déterminant que ceux-ci concernant les activités d'innovation. D'où l'importance du système d'information assurant une veille technologique ou une synergie utile à l'innovation. C'est un des facteurs déterminant de la compétitivité qui consiste en une surveillance de certains aspects de l'environnement, et la recherche de l'information à caractère stratégique.

IV.2.5. Axe 05 : Stratégie de développement :

Le point de départ est de construire sur le succès un autre succès en réutilisant les résultats de développement précédent dans d'autres produits. La stratégie du produit inclut la planification des familles de produits (Benchmarking concurrentiel et observation des taux d'amélioration annuelle pour l'amélioration prévue, le coût, le profit prévu et la part du marché) et l'intégration soignée de leurs stratégies pour réaliser le maximum d'objectifs avec le minimum d'effort de développement. Le Figure 4.37, illustre cette stratégie, le plan de dix ans d'une entreprise présentant des produits dans un de ses marchés (par segment du marché), peut montrer les produits planifiés pour les dix prochaines années (cf. Figure 4.37). La stratégie du produit est intégrée avec la stratégie de technologie pour :

- gérer et planifier les améliorations de base ;
- introduire chaque nouvelle technologie sur le produit spécifique ;
- augmenter la probabilité de la disponibilité des nouvelles technologies dans le futur ;

¹ Cette présence peut prendre la forme de soutien financier direct, d'échanges, de partage de laboratoires et d'installations, d'aide à des universités autant qu'à des scientifiques individuels" [25].

- prévoir la réutilisation des technologies.

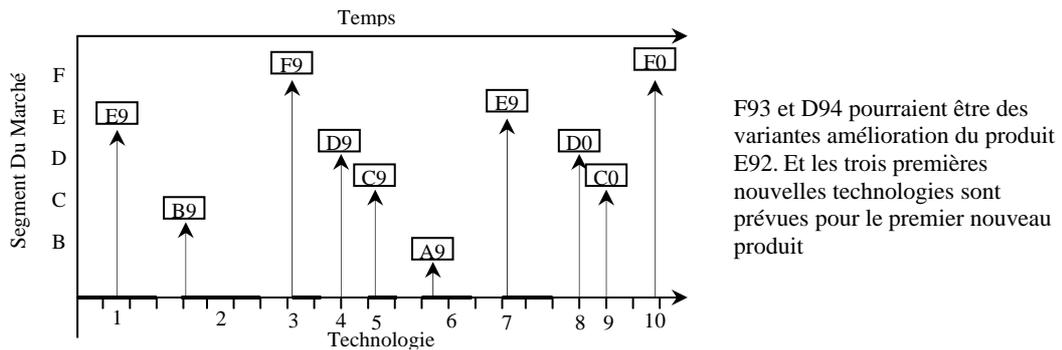


Figure 4.32 : Stratégie du produit et de technologie [11]

Le concept de Réutilisation est la planification d'une famille de produits qui réutilise l'efficacité d'un produit dit "Feuille Propre" dans d'autres produits pour atteindre la variété et la diminution de la tâche de conception et de fabrication. Selon la Réutilisation possible, les produits peuvent varier de l'Incrémental vers le Radical, et il existe une autre prolongation pour inclure les produits Architectural et Modulaires. L'objectif de développement flexible est de fournir à chaque client exactement ce qu'il veut dès qu'il sera voulu en utilisant la stratégie du produit et de technologie, et l'investissement dans les techniques de base, et la réutilisation.

IV.2.6. Axe 06 : Ingénierie de qualité :

"Un tel produit complexe exige des millions de décisions à prendre dans la production et dans le marché" [11]. Ce processus de prise de décision est affecté par les décisions d'équipe caractérisées par l'expérience collective et l'engagement, les méthodes de prise de décision, les objectifs de l'entreprise, le processus d'optimisation des décisions critiques, et la prévention des problèmes. Quelques décisions peuvent être prises en utilisant la simple expérience collective du groupe multidisciplinaire, alors que d'autres décisions exigent plus que l'expérience et nécessitent l'optimisation systématique (système d'ingénierie de qualité utilisant la conception robuste), cette optimisation systématique vise la réduction du TTM et les reprises de conception coûteuses. Le principe de ce processus d'optimisation est la focalisation sur la prévention de problèmes (au lieu de réagir). L'optimisation systématique est employée pour sélectionner les valeurs pour les paramètres critiques de conception qui réaliseront uniformément la satisfaction du client. Taguchi a proposé que le processus de conception doive être vu en tant que trois étapes : conception de systèmes, conception de paramètre et conception de tolérance. Deux problèmes sont posés devant l'optimisation systématique; d'abord l'identification des métriques à évaluer représentant la satisfaction des clients (qualité et robustesse), puis le nombre élevé des options à évaluer parvenant du

nombre de paramètres et des options de chaque paramètre. Selon Taguchi il existe trois approches pour améliorer la robustesse de la fonction :

- Amélioration du concept; en s'adressant aux facteurs qui offre plus de robustesse ;
- Changement de la valeur du paramètre critique en limite faisable évidente ;
- Conception du paramètre; optimisation systématique.

Le système d'ingénierie de qualité employant la conception robuste a quatre activités :

1. Conception de PCC, l'optimisation systématique de la robustesse de la conception contre les bruits qui garde la performance près de la valeur idéale de la satisfaction client ;
2. Conception de tolérance, pour sélectionner les niveaux économiques de précision autour des valeurs nominales de conception (de cible) ;
3. Paramètre de conception du processus, l'optimisation systématique des processus de production les plus importants de sorte qu'elles produisent des produits plus conformés ;
4. Contrôle de qualité en ligne, intervention sur le processus de production pour améliorer l'uniformité de production.

Conclusion

Le plan présenté sous forme de points dans ce chapitre, explique la façon par laquelle ERIS peut adresser les différents problèmes qu'elle confronte dans son PDP, pour développer ses produits. L'exécution d'un tel plan exige en plus de l'engagement total des propriétaires de l'entreprise et les différents changements nécessaires (culturels et comportementaux) ; l'intervention externe c.-à-d l'expérience, les moyens et outils de développement, etc.

Dans ce chapitre on a présenté six axes pour améliorer le processus de développement ; l'axe principal qui fait l'objet de l'étude est l'axe du processus de développement. Cet axe estime le temps et le coût de développement. L'amélioration du processus de développement passe par une démarche de six modules : la sélection du bon processus parmi plusieurs types de processus adressant les risques de développement. La phase de caractérisation identifie et définit les revues et les itérations et combinaisons adressant chacun des risques de développement. La structuration est une phase importante dans l'amélioration du processus, la DSM est employée pour structurer les flux de l'information entre les tâches et pour capturer les boucles d'itération. Dans la structuration on a employé un modèle d'évaluation de la performance et de diverses améliorations, cette phase de structuration peut faciliter la prise de décision et la communication entre les différents niveaux d'équipe de développement et de phases de développement. En identifiant les différents types de dépendance de l'information, un chemin critique de dépendance est identifié et simplifié ainsi la tâche pour la modélisation et l'ordonnancement. La modélisation du processus prévoit les comportements complexes des processus itératifs en utilisant la simulation, en exploitant les résultats des modules de structuration et de modélisation, le module de simulation est utilisé comme base pour superviser et contrôler l'amélioration. Et pour finir la démarche, le module de mesure et évaluation est une autoévaluation qui peut positivement confirmer l'amélioration et ainsi décider la mise en place du processus, ou négativement réitérer la démarche ou simplement mettre la démarche à jour par l'incorporation de l'information nécessaire pendant que la démarche progresse.

Le processus de planification stratégique décrit ci-dessus est plus adapté aux environnements stables. Le processus doit être répété fréquemment afin d'adapter la stratégie aux changements environnementaux. C'est un processus cyclique, impliquant le diagnostic du problème, la planification, l'action, et l'évaluation des résultats.

Conclusion Générale

Celui qui peut développer le plus tôt possible avec le minimum de coût et avec une qualité acceptable survivra dans ce monde [6]. Le développement du produit est devenu une nécessité risquée, cependant l'étude des processus de développement du produit, généralement est une stratégie prometteuse de recherches pour l'ingénierie et les approches de recherches d'organisation. Ainsi le PDP ne devrait pas être vu seulement comme une série d'actions bien organisée, mais incorporé dans tout organisme économique à tout les niveaux comme facteur majeur de réussite et de mesure de l'internationalisation de l'entreprise .

Les entreprises à travers une transformation réflexive, transforment des entrées en produits et doit prendre des décisions au sujet de la façon de réagir aux besoins du marché et du client et des ressources à allouer. Ces transformations doivent être qualitatives et performantes et le PDP, le meneur de cette transformation, soit le noyau de l'intersection de toutes les transformations. L'amélioration du PDP qu'on vise dans ce travail est vue sous la notion de risque ; la suppression ou l'atténuation d'un risque se correspond à une amélioration continue ou potentielle dans le PDP.

Notre travail est divisé en deux parties, partie théorique et partie pratique : la partie théorique contienne trois chapitres qui illustrent, le développement du produit, son processus et sa modélisation. La partie pratique contienne une analyse de l'existant dans une première étape, pour formuler le plan d'amélioration dans la deuxième étape.

Le mémoire, dans la première partie, définit le développement du produit, le cadre général de l'innovation, pour mettre en évidence l'objet de l'amélioration du PDP. Dans ce premier chapitre nous avons également défini les différents risques de développement pour identifier les axes de l'amélioration prévue dans ce travail, la stratégie de développement allant cadrer le PDP, et l'ingénierie concourante pour rendre le PDP simultané.

La deuxième partie du mémoire illustre une grande variété de PDP pour transformer le besoin en produit, puisque les PDP présentent des points communs et non communs, et avantages et inconvénient, aucun PDP ne convienne à toutes les entreprises. Cependant, l'adoption d'un PDP doit être jugée par les critères et règles de risque à confronter, de la nature de développement et du secteur de l'entreprise.

Dans la troisième partie, un modèle issu de la dynamique de système est élaboré, par ce modèle nous voulons rapprocher le PDP de la réalité, et voir comment les activités de développement, les ressources, les caractéristiques du projet et les critères de performance s'affectent. Ce modèle a fait l'objet de la simulation dans la deuxième partie du quatrième chapitre pour démontrer son aptitude à l'amélioration du PDP.

Dans la partie pratique, la première étape consiste à suivre les actions de la planification stratégique (le rapport de mission (Quoi), l'analyse stratégique (Pourquoi), la formulation de la stratégie (Où) et les objectifs à long terme (Quand et le Comment). En identifiant l'entreprise de stage dans son ensemble, on peut définir et exprimer les grands axes du plan d'amélioration du PDP pour l'avenir et avoir une idée sur la faisabilité en termes de capacités indéniable, de complexité et des efforts consacrés à la R&D permettent de préparer l'avenir, de proposer des concepts inédits, ainsi que des gammes riches et innovantes.

Dans la deuxième étape, nous identifions les axes par lesquelles ERIS peut améliorer son PDP et élaborons un plan détaillé contenant un ensemble d'alternative et de recommandations, soutenus par les arguments et justification nécessaire et rigoureux, et décrivant la façon dont les affaires vont concurrencer, et les actions à exécuter. Le plan présenté sous forme de points, explique la façon par laquelle ERIS peut adresser les différents problèmes qu'elle confronte dans son PDP (peu visible dans l'entreprise), pour concevoir le produit dans son ensemble.

Dans ce mémoire, nous avons développé une vision globale sur le domaine de l'innovation et du management stratégique. A travers cette vision, nous avons pu appréhender, identifier et évaluer les différents PDPs, les risques et le suivi des projets de développement affectant la qualité des produits et marquant l'efficacité du processus. L'objet de la deuxième étape de la partie pratique était de faire la différence entre la performance du processus actuel et celle du processus amélioré. Le manque de l'information et la nature informelle du processus d'ERIS, rend la simulation de la performance (QCD) des deux processus un peu subjective. Néanmoins, nous avons mis un plan d'amélioration du PDP sous forme d'une démarche pour réduire les reprises, gérer les revues et les itérations, les délais, les coûts, gérer les ressources et les risques dans une démarche d'amélioration préventive. Cette amélioration sera le résultat d'une démarche qui consiste au (1) choix du processus, (2) caractérisation du processus, (3) structuration du processus, (4) modélisation du processus, (5) simulation du modèle, et (6) analyse des résultats de l'amélioration. Cette démarche est un processus à itérer jusqu'à l'obtention du résultat prévu.

Liste des Abréviations

AdD	Arbre de Défaillance		
AEAP	Règle aussi tôt que possible		
AF	Analyse Fonctionnelle		
ALAP	Règle aussi tard que possible		
AMDE	Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets		
ANIA	Association Nationale des inventeurs Algériens		
ANIMA	Réseau euro-méditerranéen d'agences de promotion de l'investissement		
ANP	Armée Nationale Populaire		
BACT	Best Available control Technology		
CdCP	Cahier des Charges du Produit		
CdP	Caractéristique du Produit		
CEI	Commission Electrotechnique Internationale		
CIPD	Centre of Innovation and PD		
DCBM	Design Competitive Benchmarking		
DFA	Design For Assembly		
DFB	Design For Budget		
DFM	Direction de Fabrication Militaire		
DFP	Design For Program		
DG	Direction Générale		
DSM	Design Structure Matrix		
ERIS	Entreprise de Réalisations Industrielles de SERIANA		
GE	Groupe Electrogène		
ISO	International Standards Organisation		
KJ	Diagramme d'affinité		
KVA	Kilo Volte Ampère		
LHS	Latin Hypercube Sampling		
LOB	Line Of Business		
LUTI	Appréhension, Emploi, Enseignement, Inspection		
MAPS	Material And Process Selection		
MDN	Ministère De la Défense		
MVA	Méga Volte Ampère		
PCC	Paramètres Critiques de Conception		
PDCA	Plan, Do, Check, Act		
PDP	Product development process		
PDT	Product Development Team		
PERT	Program Evaluation and Review Technique		
PSCP	Processus de sélection de concept de Pugh		
PV	Procès Verbal		
QCDR	Qualité, Coût, Délai, Robustesse		
QFD	Quality Function Deployment		
R&D	Recherche & Développement		
SDCA	Standard, Do, Check, Act		
SdF	Sûreté de Fonctionnement		
SGP	Stage gate process		
SIP	Système d'indicateur de performance		
SPC	Schémas de paramètres de conception		
SVT	System Verification Test		
SWOT	Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces		
TQM	Total Quality Management		
UMC	Unit Manufacturing Cost		
UT	Unité du Temps		
VoC	Voice of Customer		
		Abréviations du Modèle PDP	
		AQ	Assurance Qualité
		AQN	Assurance Qualité Normale
		CCT	Coût Cumulatif Total
		CDLPDT	CDPDT Lookup
		CDPDT	Intention de changement de PDT
		CPDT	Coût PDT
		CTPDT	Coût de travail de la ressource
		DMI	Durée moyenne d'Itération
		DMIL	DMI Lookup
		EFAQ	Effet de la fatigue sur la qualité
		EFLAQ	EFAQ Lookup
		EFLProd	Effet de la fatigue sur la productivité
		EFProd	EFLProd Lookup
		EI	Exécution Initiale
		EIE	Exécution Initiale Exigée
		EIM	Exécution Initiale Maximale
		EPDT	PDT Indiquée
		EXPDT	PDT Expert
		FR	Fraction de Redémarrage
		HPDT	Coût d'apprentissage de PDT
		IPDT	PDT Exigée
		IT	Itérer la tâche
		LPDT	Augmentation PDT
		MPSP	Pression sur le programme Maximale
		MPDT	PDT Maximale
		MTS	Moyenne de temps supplémentaire
		NEI	Exécution Initiale Normale
		NPDT	Nouveaux membre de PDT
		NProd	Productivité normale
		PPF	Portée Projet Finale
		PPF1	Portée Projet Finale (Projet redémarré)
		PPI	Portée Projet Initiale
		Prod	Productivité
		PSP	Pression sur le programme
		RPDT	Renvoi de PDT
		TA	Tâche Approuvée
		TACC	Taux d'accomplissement
		TAI	Tâche à Itérer
		TAPDT	Temps d'augmentation PDT
		TDef	Taux de défectuosité
		TDEI	Tâche disponible pour Exécution Initiale
		TLPDT	Temps d'augmentation de PDT
		TMTS	Temps MTS
		TPA	Temps d'accomplissement de projet
		TPAPDT	Temps d'ajustement PDT
		TPDT	PDT Totale
		TPR	Temps de programme restant
		TRPDT	temps de Renvoi de PDT
		TS	Temps supplémentaire
		TSL	Temps Supplémentaire Lookup
		TTM	Time to Market

Annexe 1 : Questionnaire sur le PDP-ERIS (GE)

Infos demandées : Intervieweur, Interviewé, Fonction (Interviewé), Date

1. Est ce qu'il existe des efforts de développement dans votre entreprise?
2. Quels sont vos objectifs de développement?
3. En termes de quoi le produit est dit réussit? Programme, Budget, Retours capitaux, Satisfaction client, Techniquement
4. Quel est le budget de la recherche et du développement?
5. Quelle est la durée du processus du développement (ou du projet)?
6. Quels sont les principaux risques qui font contrainte aux produits?
7. Quels sont les efforts fournis pour les régler?
8. Avez-vous des initiatives d'amélioration dans votre processus (PDP)?
9. Existe-il un engagement administratif envers les efforts du développement? (Si oui à quel degré?)
10. Est-ce que les fournisseurs sont flexibles? (Si oui en terme de quoi?)
11. Pouvez vous décrire le processus du développement (ses phases et durée de phase)?
12. Comment vous décrivez les processus du développement? (Et pourquoi ?) Efficace ou Mauvais
13. Comment s'organisent-t-ils les acteurs du développement? (Décrivez l'organisation) Cascade ou Équipe
14. Quels sont les membres de l'équipe de développement?
15. Un groupe de conception doit-il "habituellement" attendre les autres? (Et pourquoi ?)
16. D'où les retards de programme se produisent-ils souvent?
17. Quel est le temps total réservé par le personnel pour le développement?
18. Existe-t-il des efforts de conception pour fabrication ou pour QCD? (Si oui quels sont)
19. Pouvez vous décrire les points de contrôle (revue de conception)? (et qui les examine ?)
20. Quel est le taux de succès des revues de conception?
21. Pouvez-vous décrire les niveaux d'itération?
22. Quelles sont les causes des itérations?, Feed-Back client, Feed-Back technique, Changements de technologie, Changements de caractéristiques
23. Quelles sont les implications des itérations? (Sur le délai, Sur le personnel, Sur le budget, etc.)
24. Combien de prototypes vous établissez?
25. Quelle est la dépendance entre le produit actuel et les anciens produits de l'entreprise?
26. Combien de Feed-Back obtenez-vous de la part des clients?
27. Pouvez-vous décrire en détail un problème de conception ou un changement dans le produit pendant le développement?
28. Quel problème ou défi qu'était le plus dure pour l'entreprise?
29. Veuillez écrire tous autres commentaires si vous voulez qui concerne cette étude.

Le questionnaire s'est déroulé à ERIS, les interviewés sont les différents responsables de départements et de sections affectés par la position et la formation : les trois chefs de directions R&D, technique et commerciale, le chef section GE, le chargé de conception dans la section GE, et les différents opérateurs dans les ateliers des GE. L'objectif de ce questionnaire est de rassembler le maximum d'information et l'appréciation de chaque interviewé sur le PDP, parce que des fois ce que les entreprises disent n'est pas toujours ce qu'elles réellement font (différentes réponse et des fois contradictoire sur une seule question.

Annexe 2 : Modélisation du PDP

Le modèle développé contient 3 vues et 48 variables, les équations du modèle sont sur la Figure 2.1.

N°	Variable	Equation
1.	AT	TDEI-DTD
2.	AQ	EFAQ*AQN
3.	CCT	CoutExp+CoutN
4.	CDLPDT	(0,1),(0.5,0.8),(0.8,0),(1,0)
5.	CDPDT	CDLPDT(TACC)
6.	CoutExp	INTEG (TCoutExp, 0)
7.	CoutN	INTEG (TCoutN, 0)
8.	CPDT	(IPDT - PDT)/TPAPDT
9.	DMI	DMIL(TACC)
10.	DTD	TDEI*AQ
11.	EFAQ	EFLAQ(MTS)
12.	EFProd	EFLProd(MTS)
13.	EI	IF THEN ELSE(PPF, 0 , MIN(Prod*PDT, EIE))
14.	EIE	IF THEN ELSE(PPF, 0 , XIDZ(TDEI, TPR , EIM))
15.	EIN	MIN(EIM, NProd*IPDT)
16.	EPDT	MIN(MPDT, EIE/NProd)
17.	EXPDT	INTEG (LPDT-RPDT*ZIDZ(EXPDT, TPDT), 0)
18.	FPS	MAX(ZIDZ(TPS, PPI), 0.2)
19.	HPDT	IF THEN ELSE(IPDT>TPDT, (IPDT-TPDT)/TAPDT , 0)
20.	IPDT	IF THEN ELSE(TPDT<EPDT, CDPDT*EPDT+(1-CDPDT)*TPDT , EPDT)
21.	IT	TAI/DMI
22.	LPDT	NPDT/TLPDT
23.	MTS	NTEG ((TS-MTS)/TMTS, TS)
24.	NPDT	INTEG (HPDT-LPDT-RPDT*ZIDZ(NPDT, TPDT), 0)
25.	PDT	INTEG (CPDT, 0)
26.	PPF	IF THEN ELSE(PPF1:AND:TACC>FR, 1 , IF THEN ELSE(TACC>=1, 1 , 0))
27.	PPF1	DELAY FIXED(PPF, 0 , 0)
28.	Prod	NProd*TS*EFProd
29.	PSP	IF THEN ELSE(TPR<=0:AND::NOT:PPF, MPSP , ZIDZ(EIE , EIN))
30.	RT	TA
31.	RPDT	IF THEN ELSE(IPDT<TPDT, (TPDT-IPDT)/TRPDT , 0)
32.	SAVEPER	TIME STEP
33.	Simult	FPS
34.	TACC	TR/PPI
35.	TAI	INTEG (DTD-IT, 0)
36.	TA	INTEG (ApprT-RT, 0)
37.	TCoutExp	EXPDT*CExp
38.	TCoutN	CN*NPDT
39.	TDEI	INTEG (IF THEN ELSE(TDEI>=0, IT-EI , 0), PPI)
40.	TDef	IF THEN ELSE(EI=0, 0 , IT/EI)
41.	TDEI	INTEG (EI-ApprT-DTD, 0)
42.	TPDT	EXPDT+NPDT
43.	TPR	MAX(0,TPA - Time)
44.	TPR1	TPR* (1+RANDOM UNIFORM(-0.5,0.5,0))*TPRNo)
45.	TPS	TA+TDEI+TR
46.	TR	INTEG (RT, 0)
47.	TS	TSL(PSP)
48.	TR	Simult*PPI
49.	TTM	SAMPLE IF TRUE(PPF1=0,Time,0)

Figure A2.1 : Equations du modèle

Annexe 3 : DSM – PDP

Nom de Tâche	ID	Bloc	Durée			Prédécesseurs	Durée Ajustée de reprise	RPW	Courbe Exp		Prob reprise	
			optimiste	probable	pessimiste				%Exp	%MaxEx	%diminu	N° d'itér
Bloc1: PDT			5,8	7,6	9,4							
Elaboration du PDT et du noyau du PDT	1	1	1	2	3		1,9	1,9	20	50	50	2
Définition Tâches et responsabilités	2	1	4	6	7	2	5,5	7,4	20	50	50	2
Bloc2: Etude			18,3	22,7	27,7	1			20	50	50	2
Etude des trois stratégies	3	2	3	6	9		5,9	22,4	20	50	50	2
Etude de la demande et de l'offre	4	2	3	5	6	6	4,5	16,5	20	50	50	2
Exigences réglementations	5	2	2	4	6	6, 7	3,9	12	20	50	50	2
Plan d'assurance de qualité	6	2	1	2	6	6FS, 7FS, 8	3,2	8,1	20	50	50	2
Portefeuille, capacité et Plan commercial	7	2	3	5	7	6, 7, 8, 9	4,9	4,9	20	50	50	2
Bloc3: Structuration des besoins			9,0	11,3	14,8	5			20	50	50	2
Structuration de besoins	8	3	5	5	10		7,1	7,1	20	50	50	2
Caractérisation des besoins (Kano)	9	3	3	3	6	13	4,2	11,3	20	50	50	2
Bloc4: Développement des exigences			27,7	33,1	39,3	12			20	50	50	2
Développement des exigences	10	4	1	2	3		1,9	32,7	20	50	50	2
Organisation des CdP (Modèle KJ)	11	4	5	10	14	17	9,5	30,8	20	50	50	2
Traduction VoC	12	4	1	2	3	17, 18	1,9	21,3	20	50	50	2
Evaluation matrice de rapport	13	4	2	3	5	17, 18, 19	3,3	19,4	20	50	50	2
Evaluation produit ventes, etc.	14	4	2	3	5	17, 20	3,3	10,6	20	50	50	2
Evaluation et Essais techniques	15	4	2	3	5	17, 18, 20, 21	3,3	7,3	20	50	50	2
Comparaison percept client - essais tech	16	4	2	5	6	21, 22	4	4	20	50	50	2
Évaluation pairs des CdP	17	4	1	1	2	18, 20	1,3	5,5	20	50	50	2
Corrélations + et - (opportunités et défi)	18	4	3	3	6	18, 20, 24	4,2	4,2	20	50	50	2
Bloc5: Quantification des attentes			12,9	16,9	21,0	16			20	50	50	2
Importance relative des attributs	19	5	2	3	4		2,9	16,6	20	50	50	2
Difficulté technique des CdP	20	5	1	2	4	28	2,3	13,7	20	50	50	2
Corrélation et Importance des CdP	21	5	2	3	6	29	3,8	11,4	20	50	50	2
Priorisation et Valorisation des CdP	22	5	2	3	6	30	3,8	7,6	20	50	50	2
Quantification des attentes	23	5	2	3	6	31	3,8	3,8	20	50	50	2
Bloc6: Conception générale			46	50,6	55,9	27			20	50	50	2
Réalisation de l'AD	24	6	3	4	5		3,9	47,5	20	50	50	2
Réalisation de l'AF	25	6	4	5	6	35	4,9	43,6	20	50	50	2
Réalisation de l'AMDE	26	6	4	5	6	35, 36	4,9	38,7	20	50	50	2
Identification des paramètres	27	6	8	10	12	35, 37	9,9	33,8	20	50	50	2
Evaluation du système	28	6	1	2	4	38	2,3	23,9	20	50	50	2
Conception initiale de la matrice SE/C EQFD	29	6	4	5	6	37, 39	4,9	21,6	20	50	50	2
Analyse des facteurs Fonctionnel	30	6	2	3	5	36, 40	3,3	16,7	20	50	50	2
Conception des paramètres	31	6	3	5	6	35FS, 36FS, 37FS, 40FS, 41	4,5	13,4	20	50	50	2
Schémas de paramètres critiques	32	6	8	9	10	35FS, 36FS, 41FS, 42	8,9	8,9	20	50	50	2
Bloc7: Conception détaillée			75,1	80,3	86,2	34			20	50	50	2
Conception Benchmarking (DCBM)	33	7	4	6	7		5,5	80	20	50	50	2
Conception pour assemblage (DFA)	34	7	7	9	10	46FS	8,5	74,5	20	50	50	2
l'arbre fonctionnel (ou DCBM)	35	7	8	10	11	47FS	9,5	66	20	50	50	2
Sélection du concept	36	7	8	10	11	48	9,5	56,5	20	50	50	2
Exigences des composants	37	7	10	14	15	49	12,6	47	20	50	50	2
Sélection du matériel (MAPS)	38	7	5	6	9	49, 50	6,8	34,4	20	50	50	2
Conception de tolérances	39	7	6	8	9	48, 49, 51	7,5	27,6	20	50	50	2
Sélection du processus de production	40	7	3	5	9	52	5,8	20,1	20	50	50	2
Conception détaillée et DFP	41	7	3	5	6	53	4,5	14,3	20	50	50	2
Sélection du concept du composant	42	7	5	6	7	54	5,9	9,8	20	50	50	2
Conception pour production	43	7	3	4	5	55	3,9	3,9	20	50	50	2
Bloc8: construction de prototypes			44,3	50,3	56,9	45			20	50	50	2
Construction des prototypes	44	8	4	5	8		5,8	56	20	50	50	2
Assemblage de prototypes	45	8	6	7	8	59	6,9	50,2	20	50	50	2
Correction des prototypes	46	8	1	3	4	59, 60	2,5	43,3	20	50	50	2
Audit fonctionnalité	47	8	6	12	15	59, 60, 61	10,6	34,6	20	50	50	2
Contrôle de robustesse	48	8	8	14	15	59, 60, 61, 62	11,7	24	20	50	50	2
Essais Vérification de robustesse (SVT)	49	8	10	12	15	59, 60, 61, 62, 63	12,3	12,3	20	50	50	2
Correction des erreurs de conception	50	8	3	5	10	59, 61	6,2	6,2	20	50	50	2
Bloc9: Préparation de production			95,4	105,3	115,1	58			20	50	50	2
Vérification conception outil de production	51	9	10	15	17				20	50	50	2
Résolution des problèmes de production	52	9	1	2	3	68	1,9	53,3	20	50	50	2
Construction de l'outillage de production	53	9	15	20	24	68	19,5	90,7	20	50	50	2
Conception des paramètres de processus	54	9	6	10	14	70	9,9	71,2	20	50	50	2
Planification des opérations	55	9	6	10	14	70, 71	9,9	61,3	20	50	50	2
Contrôle qualité	56	9	7	9	10	68, 69, 71, 72	8,5	51,4	20	50	50	2
Formation du personnel de production	57	9	8	10	13	73	10,3	42,9	20	50	50	2
Validation d'outils	58	9	8	10	12	74	9,9	32,6	20	50	50	2
Les essais de démonstration	59	9	9	12	15	74, 75	11,9	22,7	20	50	50	2
Equilibrage des charges du travail	60	9	8	10	14	74, 75, 76	10,8	10,8	20	50	50	2
Vérification finales & clôture	61	10	8	10	12	67			20	50	50	2

Figure A3.1 : Caractéristiques du processus de développement

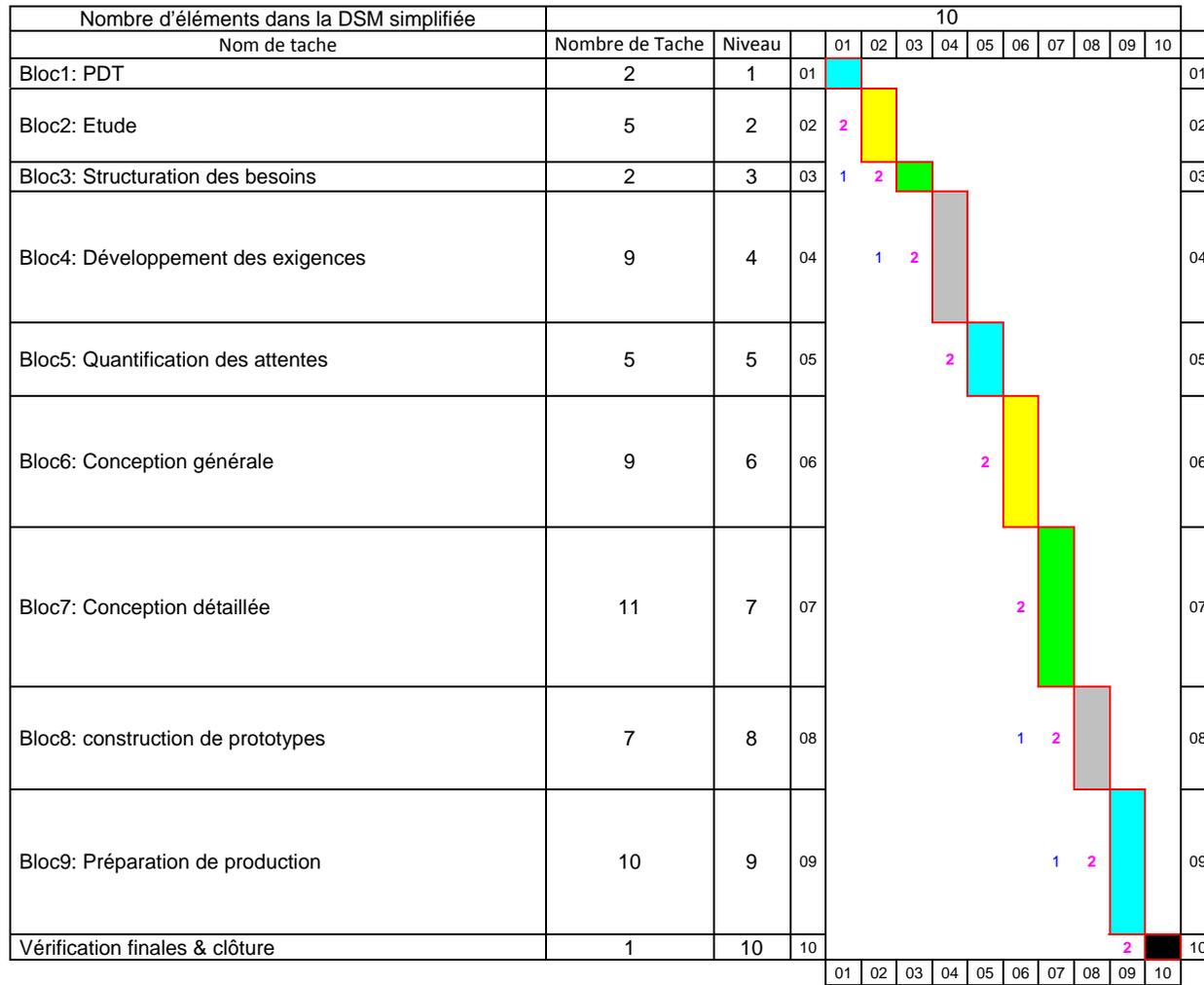


Figure A3.5 : DSM Analyse du processus de développement pour les GE

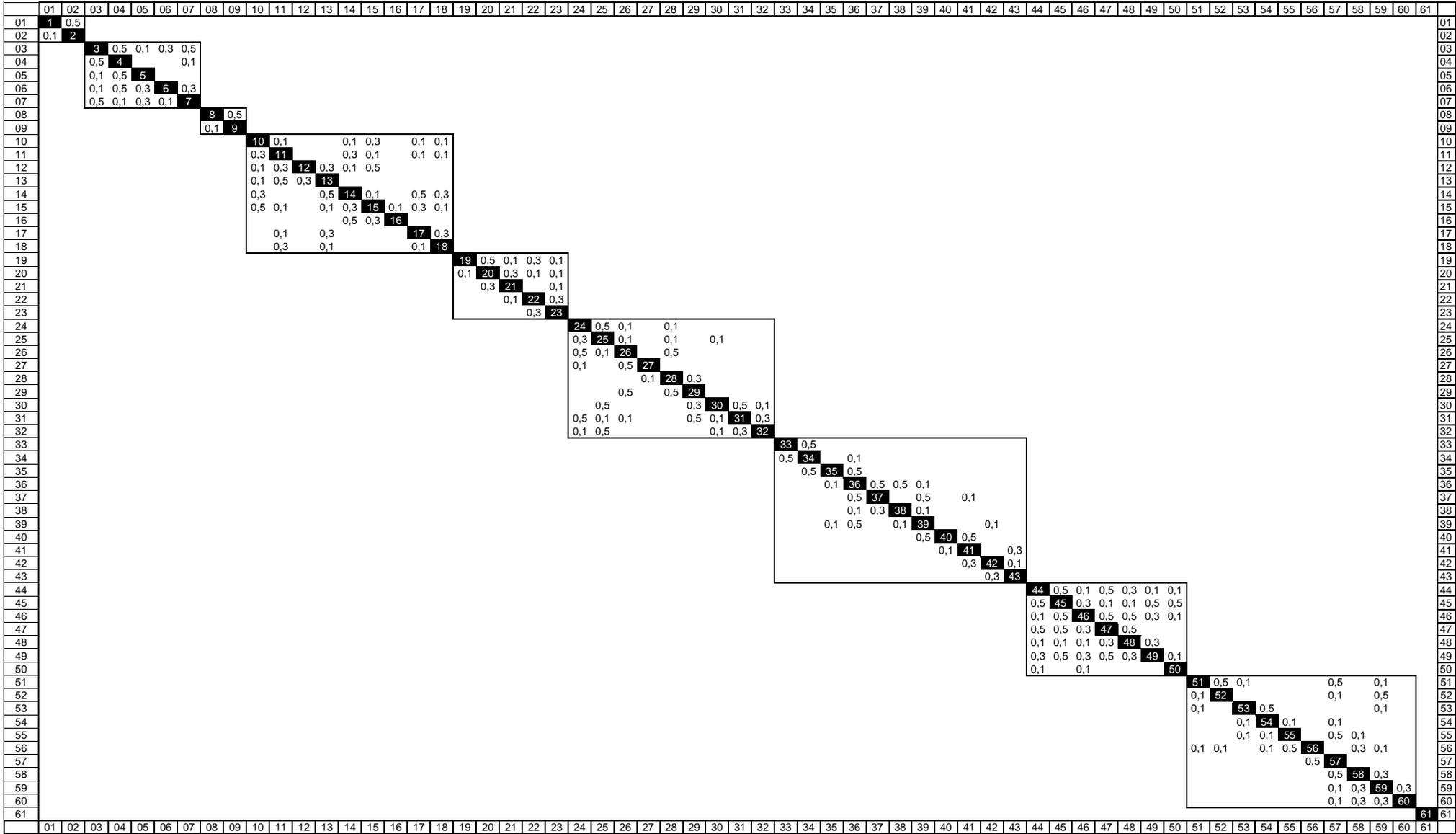


Figure A3.6 : Probabilité de changement

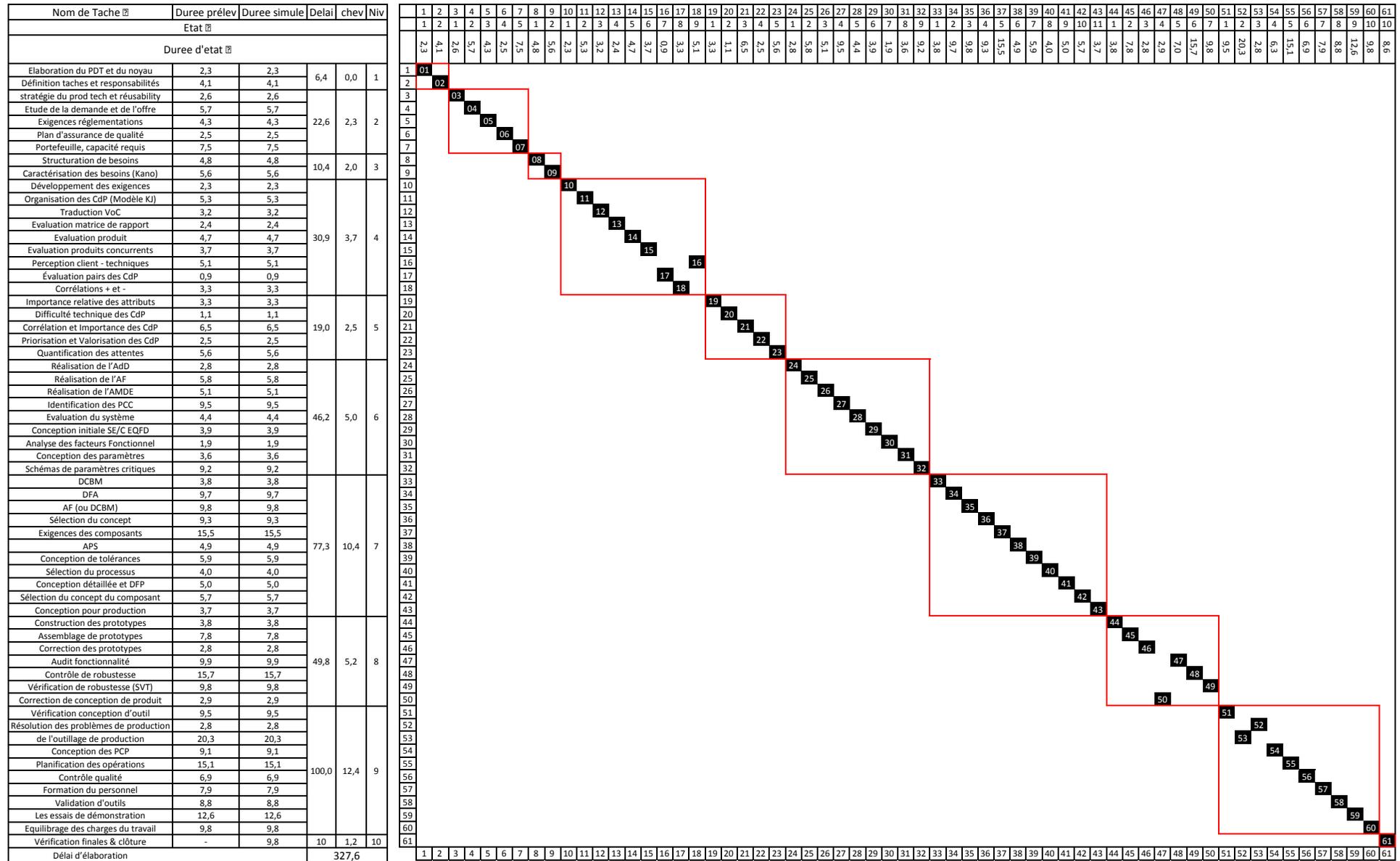


Figure A3.9: Diagramme de Gantt du processus de développement

Bibliographie :

- [1] Darian, W. U, Product Development Process Design: Improving Development Response to Market, Technical and Regulatory Risks, Thesis of PhD, MIT, 2003.
- [2] Maria CARRASCOSA, Product Development Timing and Cost Analysis: Using Information Flow Modeling, Thesis of PhD, MIT, 1999.
- [3] Christophe RETOURNA, Analyse de cas concrets d'innovations dans les PME.PMI, Thèse de Docteur, université de droit et des sciences AIX-Marseille III, 1995.
- [4] Rémy GAUTIER, Qualité en conception de produits nouveaux "Proposition d'une méthode de fiabilisation du processus de management de l'information", Thèse de Doctorat en Génie Industriel, École Nationale Supérieure D'arts Et Métiers de Centre de Paris, 1995.
- [5] M. Khaled HADJ-HAMOU, Contribution à la conception de produits à forte diversité et de leur chaîne logistique, Thèse de Docteur, L'institut national polytechnique de Toulouse, 2002.
- [6] Chetan D. VAJRE, Modeling dynamic interactions in a software development project, Master of Science in Industrial Engineering, University of South Florida, 2003.
- [7] Stephen Carl Cook, Applying *Critical Chain* to improve the management of uncertainty in projects, Thesis of MBA and Master of Science in Electrical Engineering, MIT 1998.
- [8] Heather Dawn WASSERLEIN, Opportunities for Improving the Information Intensive Product Development Process, Master of Science in Mechanical Engineering, MIT 1998.
- [9] Arpita MAJUMDER, Strategic Metrics for Product Development at Ford Motor Company, Master of Science in Engineering, MIT 2000.
- [10] Michael E. PORTER, Competitive Strategy- Techniques for Analyzing Industries and Competitors, ASMS The free press Edition, New York 1998.
- [11] Don CLAUSING, Total Quality Development, A step by step Guide to World-class Concurrent Engineering, ASMS press, New York, 1994
- [12] T.LOILIER & A.TELLIER, Gestion de l'innovation, Décider-mettre en œuvre-diffuser, Collection : Les essentiels de la gestion, Edition Management et société, 1999.
- [13] Alain FERNANDEZ, Les nouveaux tableaux de bord des décideurs, Éditions Organisation, 2001.
- [14] Jean-Jacques LAMBIN, Le marketing stratégique, du marketing à l'orientation marché, 4^e Edition, Ediscience International, Paris, 1998
- [15] Steven D. EPPINGER & Soo-Haeng CHO, Product development process modeling using advanced simulation, Proceedings of DETC'01, ASME 2001 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, September 2001.

-
- [16] Ahmadi, R., and Hongbo, W., "Rationalizing Product Design Development Process," Working Paper, Anderson Graduate School of Management, UCLA, 1994.
- [17] David N. Ford and John D. Sterman, Dynamic Modeling of Product Development Processes, System Dynamics Review Vol. 14, No. 1, Spring, 1998
- [18] Ali A. Yassine, An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method, Product Development Research Laboratory, University of Illinois.
- [19] Shoji Shiba and David Walden, Quality Process Improvement Tools and Techniques, MIT and Center for Quality of Management, 1997.
- [20] Maria CARRASCOSA, Steven D. EPPINGER, Daniel E. WHITNEY, Using the design structure matrix to estimate product development time, Proceedings of DETC'98, 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences, September 1998
- [21] Allen.L. SOYSTER, Handbook of Industrial Engineering: A Profession for 21st Century "Designing and Improving Systems", Penn State University, 2006.
- [22] Denise Lindsey WELLS, Strategic Management for Senior Leaders: A Handbook for Implementation, Department of the Navy Total Quality Leadership Office, Virginia, 1996
- [23] MARSOT. J Conception et Ergonomie : Méthodes et Outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à mains, Note scientifique et technique n°219, centre de Lorraine de l'INRS, Vandoeuvre, 2002.
- [24] Khelloudja Megherbi, Mohamed ARABI & Hocine KHELFAOUI, Les pratiques d'innovation et leurs implications socio-organisationnelles, cas des PME région de Bejaia, 2005.
- [25] Luc MAMPAEY, Sciences et technologies, au piège de l'option militariste, Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité, grip.org, (site web visité le 05/01/2007), Bruxelles 2005.
- [26] M CHIAD, et M Brahmia, rapport de stage ouvrier, École Militaire Polytechnique, 2006
- [27] Mickaël Bouet & Georges Dagenais, Vérification et Assurance Qualité du Logiciel, Évaluation des processus de cycle de vie du logiciel d'un service informatique d'une entreprise versus la norme ISO/IEC-IEEE/EIA 12207, Université de Québec, 2000.
- [28] Samar SMATI, La recherche développement doit être dans le sillage des besoins de l'ANP, Liberté, 12 juin 2006.
- [29] Andrew Forda, Hilary Flynnb, Statistical screening of system dynamics models, System Dynamics Review Vol. 21, No. 4, Wiley InterScience, August 2005

Figures et illustrations

Figure 1.1	Degrés d'innovation [1] Henderson and Clark (1990)
Figure 1.2	Espace des solutions de conception [5]
Figure 1.3	La courbe en "S" d'une technologie
Figure 1.4	Valeur idéale de l'innovation
Figure 1.5	Nature d'innovation dans les entreprises Algériennes publiques
Figure 1.6	Classification des risques
Figure 1.7	Lancement de produit [7]
Figure 1.8	Relation Métriques et future performance
Figure 1.9	Nombre de Chemins de communication versus nombre de membre de PDT [8]
Figure 1.10	Objectifs communs dans un processus concourant
Figure 1.11	Déploiement de la fonction de la qualité
Figure 2.1	Processus de Développement du Produit
Figure 2.2	Différences entre le développement et la production du produit
Figure 2.3	Caractérisation du PDP
Figure 2.4	Paramètres de mesure des itérations [1]
Figure 2.5	Largeur d'itérations dans un PDP [1]
Figure 2.6	forme d'une revue de conception
Figure 2.7	Paramètres de mesure des revues [1]
Figure 2.8	Paramètres des PDPs [1]
Figure 2.9	PDP en Cycle de Vie
Figure 2.10	SGP modifié (décomposition de phases en sous phases)
Figure 2.11	PDP en spirale
Figure 2.12	Processus de Prototypage Évolutif [1]
Figure 2.13	PDP Délivrable Évolutif (McConnell, 1996)
Figure 2.14	Conception pour programme / budget [1]
Figure 2.15	Flexibilité globale du PDP risque prépondérant et capacité d'intégrations et d'essai
Figure 2.16	Les configurations caractérisant un système de développement
Figure 2.17	Date de départ de tâches
Figure 2.18	Degré de simultanéité et types de flux d'information entre deux tâches
Figure 2.19	Probabilité du changement
Figure 2.20	Impact du changement
Figure 2.21	Courbe d'expérience [15]
Figure 2.22	Processus de structuration
Figure 2.23	Caractérisation des tâches par DSM
Figure 2.24	Trois types d'outils pour l'amélioration du processus
Figure 2.25	Le Modèle WV [19]
Figure 2.26	Roue PDCA (Roue de Deming)
Figure 2.27	PDCA pour le développement du produit [11]
Figure 3.1	Structure d'une Phase du PDP [17]
Figure 3.2	Boucles de Feedback dans une phase de développement
Figure 3.3	Structure "Stocks et Flux" d'une phase de développement
Figure 3.4	Rapport de simultanéité interne du processus
Figure 3.5	Cas de simultanéité externes du processus [17]
Figure 3.6	Structures de coordination interphases [17]
Figure 4.1	Processus de management stratégique [22]
Figure 4.2	Analyse de l'existant – Perspective innovation
Figure 4.3	Pratiques menant l'innovation à ERIS

Figure 4.4	Échantillon de GEs commercialisés par ERIS
Figure 4.5	Processus de développement de l'ERIS
Figure 4.6	Résultats de simulation du PDP ERIS (Projet)
Figure 4.8	Phases et Revues du PDP-ERIS
Figure 4.9	Activités de conception et de développement du produit
Figure 4.10	DSM équipe de développement (GE)
Figure 4.11	Démarches d'amélioration du développement du produit
Figure 4.12	Démarche d'amélioration du processus de développement
Figure 4.13	Phases et étapes du processus de développement du produit (ERIS)
Figure 4.14	Revue du processus de développement
Figure 4.15	Tâches impliquées dans le bloc 6
Figure 4.16	Probabilité de reprise pour le bloc 6
Figure 4.17	Impact de reprise et courbe d'expérience du bloc de conception générale
Figure 4.18	Distribution de probabilité pour la durée prévue du bloc 6
Figure 4.19	Délai d'élaboration et chemins critiques
Figure 4.20	Diagramme de Gantt et degré de chevauchement
Figure 4.21	Stratégies pour réduire le temps et le coût de développement
Figure 4.22	Résultats de simulation du modèle de PDP (projet)
Figure 4.23	Résultats de simulation du modèle de PDP (Mode Synthesim, Ventana Systems, Inc)
Figure 4.24	CTT et TTM du processus de développement
Figure 4.25	Essai informel des paramètres incertains
Figure 4.26	Valeurs initiales des paramètres incertains
Figure 4.27	Tracés individuels du test de sensibilité pour le CCT et le TACC
Figure 4.28	Percentiles du test de sensibilité pour le CCT et le TACC
Figure 4.29	Coefficients de corrélation pour les six entrées pour le CCT
Figure 4.30	Coefficients de corrélation pour les six entrées pour le TACC
Figure 4.31	Plan du programme de développement ERIS
Figure 4.32	Matrice Structurale de la Conception pour l'équipe multifonctionnelle
Figure 4.33	Plan du Processus de management PDP-ERIS
Figure 4.34	Complexité du processus de développement du produit
Figure 4.35	Plan de la planification d'itérations et de revues adressant les risques de DP [1]
Figure 4.36	Chemin dynamique de l'implantation
Figure 4.37	Stratégie du produit et de technologie [11]
Figure A2.1	Equations du modèle
Figure A3.1	Caractéristiques du processus de développement
Figure A3.2	DSM du processus de développement pour les GE
Figure A3.3	DSM AEAP du processus de développement pour les GE
Figure A3.4	DSM Analyse du processus de développement pour les GE
Figure A3.5	Probabilité de changement
Figure A3.6	Impact de changement
Figure A3.7	Quantité de chevauchement et d'impact
Figure A3.8	Diagramme de Gantt du processus de développement