Conception of a tool for measure and reduction of the quality costs: case of the piloting of industrial processes

Omar Abouzahir

▶ **To cite this version:**

Omar Abouzahir. Conception of a tool for measure and reduction of the quality costs: case of the piloting of industrial processes. Humanities and Social Sciences. Arts et Métiers ParisTech, 2006. English. NNT : 2006ENAM0059 . pastel-00002197

HAL Id: pastel-00002197
https://pastel.hal.science/pastel-00002197

Submitted on 20 Feb 2007

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

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

N°: 2006 ENAM 2006-59

Ecole doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'Ingénieur

T H È S E

pour obtenir le grade de

Docteur
de
l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Spécialité "GENIE INDUSTRIEL"

Présentée et soutenue publiquement
par

Omar ABOUZAHIR

Le 12 décembre 2006

CONCEPTION D'UN OUTIL DE MESURE ET DE REDUCTION DES COUTS DE NON QUALITE : APPLICATION AU PILOTAGE DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Directeur de thèse : ***Robert DUCHAMP***

Codirecteur de thèse : ***Rémy GAUTIER***

Jury :

M. Michel CARRARD, Professeur, IUT Cachan..... Président
M. Patrick TRUCHOT, Professeur, ERPI – ENSGSI- INPL Nancy ..... Rapporteur
M. Abdelkhalek EL HAMI, Professeur, LMR - INSA Rouen..... Rapporteur
M. Robert DUCHAMP, Professeur, LCPI - ENSAM Paris Examinateur
M. Rémy GAUTIER, Maître de Conférences HDR, LCPI - ENSAM Paris..... Examinateur

Laboratoire Conception de Produits et Innovation
ENSAM, CER de Paris

L'ENSAM est un Grand Etablissement dépendant du Ministère de l'Education Nationale, composé de huit centres :
AIX-EN-PROVENCE ANGERS BORDEAUX CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE CLUNY LILLE METZ PARIS

REMERCIEMENTS

Cette thèse est le fruit d'une recherche au sein du Laboratoire Conception de Produits et Innovation de L'école Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – Centre de Paris.

Je remercie toutes les personnes qui m'ont communiqué leur savoir et qui m'ont permis de continuer mon apprentissage et de construire ce travail de recherche.

En particulier, je riens à remercier le Professeur Robert DUCHAMP, Directeur du Laboratoire Conception de Produits et Innovation et Directeur de ce travail pour m'avoir fait confiance et m'accepter au sein de son équipe de recherche.

Je remercie Monsieur Rémy GAUTIER, Maître de conférences à l'ENSAM et codirecteur de ce travail pour m'avoir guidé et conseillé au cours de ces travaux.

Je remercie également Monsieur Thierry GIDEL, Maître de conférences à l'UTC de Compiègne pour ses remarques pertinentes et orientations.

Je tiens à remercier les responsables du Groupe OCP qui m'ont fait confiance pour mener ces travaux.

Mes remerciements s'adressent également à chacun de l'équipe du Laboratoire Conception de Produits et Innovation pour leur amitié et leur aide.

TABLE DES MATIERES

Tables des matières ……..…… 3
Introduction générale……..6

Partie 1/ Contexte des travaux, problématique et hypothèses……8

1.1 Contexte industriel……....9
1.1.1 Présentation du Groupe OCP et de Maroc Phosphore……...10
1.1.2 Importance et développement de la démarche qualité……...13
1.2 Problématique industrielle ……..16
1.3 Etat de l'art…….. 17
Evolution d'un concept : la qualité, 80 années d'histoire……17
1.3.1 Généralités et concepts…… 21
1.3.1.1 Définitions…….. 21
1.3.1.1.1 Définition du Coût d'obtention de la qualité (COQ)…… 21
1.3.1.1.2 Terminologie et différentes appellations……... 23
1.3.1.1.3 Interprétation des quatre rubriques du COQ…….. 25
1.3.1.1.4 Principaux modèles du COQ ……25
1.3.1.2 Enjeux …….. 31
1.3.1.2.1 Diminution des coûts de non qualité……..31
1.3.1.2.2 Coûts de non qualité : Outil de mesure……..31
1.3.1.2.3 Le gisement de non qualité…….33
1.3.1.2.4 COQ : Outil de management de la qualité…… 34
1.3.1.3 Ordres de grandeur du COQ…….. 36
1.3.1.3.1 Ordres de grandeur du COQ…….. 36
1.3.1.3.2 Lien entre stades de mise en place d'une démarche qualité et le COQ …….. 37
1.3.1.3.3 Niveaux d'estimation du COQ…….. 39
1.3.1.4 Grilles d'analyse du COQ ……..40
1.3.1.5 Rubriques du calcul du COQ ……... 44
1.3.2 Evolution du concept du COQ ……..56
1.3.2.1 Concept usine fantôme : FEIGENBAUM……..57
1.3.2.2 Outil de communication : JURAN…… 57
1.3.2.3 Indicateur de mesure de la qualité : CROSBY ……..58
1.3.2.4 Guide AFCIQ – 81…… 60
1.3.2.5 Norme X 50 126 – 86 ……..….. 61
1.3.2.6 Référentiel EAQF – 94 …….. …….. 62
1.3.2.7 ISO/TR 10014 – 98…… 62
1.3.2.8 Accord AFNOR AC X 50-182 / 2004……..…..63
1.3.2.9 Synthèse de l'état de l'art……...64
1.4 Problématique de recherche …… 66

1.4.1 Deux conceptions du COQ……66
1.4.1.1 Première conception : CROSBY, FEIGENBAUM …….. 66
1.4.1.2 Deuxième école : DEMING, JURAN, ISHIKAWA …… 66
1.4.1.3 Causes d'échec des programmes COQ (première conception) ……..66
1.4.1.4 Limites du COQ (deuxième conception) …….. 69
1.4.2 Problématique de la recherche……...69

1.5 Pilotage et management des processus……. 71
Introduction …….. ….71
1.5.1 Que recouvre le terme processus……. 71
1.5.2 Comment la norme ISO 9001 aborde t- elle la notion de processus……. 71
1.5.3 Les types, classes et catégories de processus……72
1.5.4 Les quatre niveaux de processus……73
1.5.5 Cartographie des processus …….. 73
1.5.6 La mesure, caractéristique fondamentale d'un processus et de son pilotage ……..74
1.5.7 Que recouvre le mot indicateur……..75
1.5.8 Carte d'identité d'un processus …… 76
1.5.9 L'amélioration continue et processus…….76
1.5.10 Indicateurs de processus et indicateurs de résultats ……... 77
1.5.11 Coût de non qualité : indicateur pour l'action ……... 77
1.5.12 Indicateurs d'efficacité des processus ……77

1.6 Hypothèses de recherche …… 77
1.6.1 De la nécessité d'orienter le COQ vers les processus ……. 77
1.6.2 Première hypothèse : Identification des processus pour lesquels la méthodologie COQ est pertinente …… 78
Deuxième hypothèse : Adaptation de la méthode COQ au pilotage des processus ……. 78

Partie 2/ Caractérisation d'une démarche de pilotage des processus par les coûts de non qualité et expérimentation….79

2.1 Etudes des méthodes COQ et choix d'un premier modèle …….. 80
2.1.1 Principales méthodes COQ et d'amélioration continue de la qualité …...80
2.1.2 Choix d'un premier modèle …… . 85
2.2 Périmètre de l'expérimentation…….……87
2.3 Protocole de l'expérimentation ……..……... 87
2.4 Expérimentations …… 88
2.4.1 Expérimentation 1 : choix du processus…… ... 88
2.4.1.1 Contexte …… 88
2.4.1.2 Déroulement …… 99
2.4.1.3 Conclusion …….. 99
2.4.2 Expérimentation 2 : évolution du premier modèle……100
2.4.2.1 Contexte……. 100
2.4.2.2 Déroulement …….. 103
2.4.2.3 Conclusion ……....121

Partie 3/ Proposition d'un outil de mesure des coûts de non qualité pour le pilotage des processus industriels..… 122

3.1 Description de la méthode proposée …… 123
3.1.1 Méthode proposée…… 123
3.1.2 Organisation et pilotage…… 133

3.2 Conclusions sur la méthode proposée……..….135
3.2.1 Champ d'application ……..… 135
3.2.2 Apports de la méthode ……..…135
3.2.3 Limites de la méthode ……..135
3.3 Perspectives de recherche ……..……. 135
Conclusion générale ……...136
Bibliographie ……..…… 137
Annexes ……..….. …… 142

Introduction Générale

Les coûts de non qualité……..

…….. Causes de non compétitivité

Introduction générale

La compétitivité impose une dure loi aux entreprises : l'obligation d'une gestion rigoureuse en éliminant tous les types de gaspillages. Parmi les causes de gaspillages et donc de non compétitivité, il y a les coûts de non qualité. Des statistiques avancent entre 10 à 20% du chiffre d'affaires. Les coûts de non qualité sont dus à l'ensemble des anomalies, rebuts, retouches, réparation, etc. La réduction de ces coûts est un des axes stratégiques de toute entreprise soucieuse de sa pérennité.

Afin de résorber efficacement ces coûts, il est indispensable de commencer d'abord par leur identification et évaluation, car le système comptable normal ne mesure pas ces coûts.

En effet les systèmes traditionnels qui calculent les coûts par produit ne permettent pas de déterminer l'effet économique des améliorations introduites par la démarche qualité dans le processus de production.

Cette recherche a pour objectif de proposer une méthodologie pour évaluer et réduire les coûts de non qualité

Pour la validation de certaines hypothèses des expérimentations sont conduites en entreprise, en particulier un processus industriel continu a été choisi au sein du groupe OCP.

Le document est agencé en trois parties :

Dans une première partie en posant la problématique, nous examinons à travers l'étude de l'état de l'art et notamment les démarches COQ, comment peuvent –elles y répondre.

La deuxième partie, intitulée expérimentation vise à valider nos hypothèses sur un cas industriel.

A partir des résultats de la démarche expérimentale, nous concluons, en troisième partie en proposant une méthode d'évaluation et de réduction des coûts de non qualité orientée vers les processus.

Première Partie

CONTEXTE DES TRAVAUX, PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Contexte des travaux

1.1.1 Présentation du Groupe OCP et de Maroc Phosphore

a- **A propos du phosphate** :

Le phosphate est recherché pour le phosphore qu'il contient. Désigné en chimie par la lettre P, il constitue un élément essentiel des cellules vivantes de l'homme. Chez les animaux, il apparaît dans les os et les dents. Chez les végétaux, c'est lui qui véhicule l'énergie produite par photosynthèse.

Matière naturelle, le phosphore est présent partout. On le rencontre chaque jour. Dans la pâte dentifrice que l'on utilise le matin et dans la plupart des aliments (laitages, œufs, viandes, poissons, légumes et fruits secs). Il est également à la base de certains produits pharmaceutiques et peut être utilisé dans l'alimentation animale, dans la fabrication de détergents, la conservation des aliments et bien d'autres applications.

Mais on le sait, c'est principalement pour la fertilisation des terres que les phosphates minéraux présentent une importance primordiale. On les utilise comme engrais. La plus grande partie de la production mondiale (85%) sert d'ailleurs aux engrais destinés aux sols.

En quantité appropriée, le phosphore contribue à développer les racines de la plante, à faciliter son alimentation et à la rendre plus résistante face aux maladies. Autant de vertus qui permettent d'augmenter les récoltes, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. C'est dire si le phosphate joue un rôle essentiel dans la productivité agricole, et du même coup dans l'alimentation de l'Homme.

b- **Présentation du Groupe OCP** :

Le groupe Office Chérifien des phosphates (OCP) est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de produits dérivés. Chaque année plus de 20 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous –sol marocain qui recèle les trois-quarts des réserves mondiales.

Principalement utilisé dans la fabrication des engrais le phosphate provient des sites de Khouribga, Benguérir, Youssoufia et Boucraâ. Selon le cas le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du Groupe à Jorf

Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivées commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié et engrais solides.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 95 % de sa production en dehors de ses frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète et réalise un chiffre d'affaires annuel de 1,3 milliard de dollars.

Moteur de l′économie nationale, le Groupe OCP joue pleinement son rôle d′entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d′entreprise.

c- **Présentation du complexe chimique Maroc Phosphore Safi** :

Pour répondre au marché international et développer une industrie locale des phosphates, le Groupe OCP s'est doté dès 1965 de complexes chimiques. Ces unités d'envergure internationale sont spécialisées dans la production d'acide phosphorique et d'engrais dérivés. Cette capacité est répartie entre deux sites regroupés au sein du Pôle Chimie : Safi et Jorf Lasfar.

Environ la moitié de la production est concentrée puis exportée comme produit semi-fini (acide phosphorique marchand) tandis que l'autre moitié est transformée localement en engrais solides. La majeure partie de ces engrais, où le DAP est largement prédominant, est expédiée hors du Maroc. La part vendue aux clients locaux permet une satisfaction du marché local.

Premier site chimique du Groupe OCP, le complexe de Safi a démarré en 1965 pour la valorisation des phosphates de Gantour en acide phosphorique et engrais.

Il se compose de 3 usines de production :

Usine Maroc Chimie

- Date de Mise en service : 1965

- Produits fabriqués :

    - Acide phosphorique

    - Engrais : NPK, ASP, TSP

- Effectif : 900

- Capacité de production annuelle

    - 400.000 TP2O5

    - 600.000 TSP

    - 250.000 NPK

    - 30.000 ASP

Usine Maroc phosphore 1

-Date de mise en service : 1975

-Produits fabriqués :

    - Acide phosphorique

    - Engrais : MAP (mono ammoniac phosphate)

- Effectif : 1000

- Capacité de production annuelle

    - 6300.000 TP2O5

    - 400.000 d'engrais MAP

Usine Maroc phosphore 2

- Date de mise en service : 1981
- Produits Fabriqués : Acide phosphorique
- Effectif : 750
- Capacité annuelle de production : 400.000 TP2O5

1.1.2 Importance et développement de la démarche qualité

Le Groupe OCP opère dans un marché très concurrentiel, ouvert sur les cinq continents et où la fidélisation du client passe naturellement par la conformité des livraisons des matières

premières qu'il reçoit, la régularité du profil qualité de ces produits et la compétitivité de leur prix de vente. Aussi le groupe OCP a-t-il, en permanence, pensé à la mobilisation de l'intelligence de son personnel et de la formation continue.

C'est ainsi, qu'en 1986, le groupe a décidé de consolider cette mobilisation en mettant en place, les cercles de qualité, dédiées aux opérateurs , pour leur participation à la résolution des problèmes inhérents à leur geste quotidien.

En 1990, la démarche qualité a été étendue à l'ensemble de l'encadrement par l'instauration des groupes d'amélioration qualité.

A partir de 1994, d'autres concepts ont été introduits dans les différents sites : la maintenance productive totale (TPM), l'auto évaluation des processus, la certification des systèmes de management de la qualité.

Afin d'accompagner le développement de cette démarche des structures d'accompagnement ont été mises en place.

- Création de la Direction de la qualité en 1995,
- Nomination des chefs de projet qualité au niveau des sites,
- Organisation de forums au sein des directions et du prix du DG de C.Q chaque année à partir de 1996.

<u>Etapes de consolidation de la démarche qualité</u>

1986 :
- Mise en place des cercles de qualité
- Implication des opérateurs
- Travail en équipe

1990 :
- Mise en place des Groupe d'amélioration qualité
- Implication de l'encadrement
- Résolution des problèmes d'interface

1994 :
- Assurance qualité : développer la traçabilité et se préparer à la certification
- Maintenance productive totale (TPM) : Améliorer les performances de la maintenance

1998 : - Analyse et amélioration des processus

- Auto évaluation selon le référentiel EFQM
- Amélioration des performances des processus
- Se comparer à un référentiel d'excellence

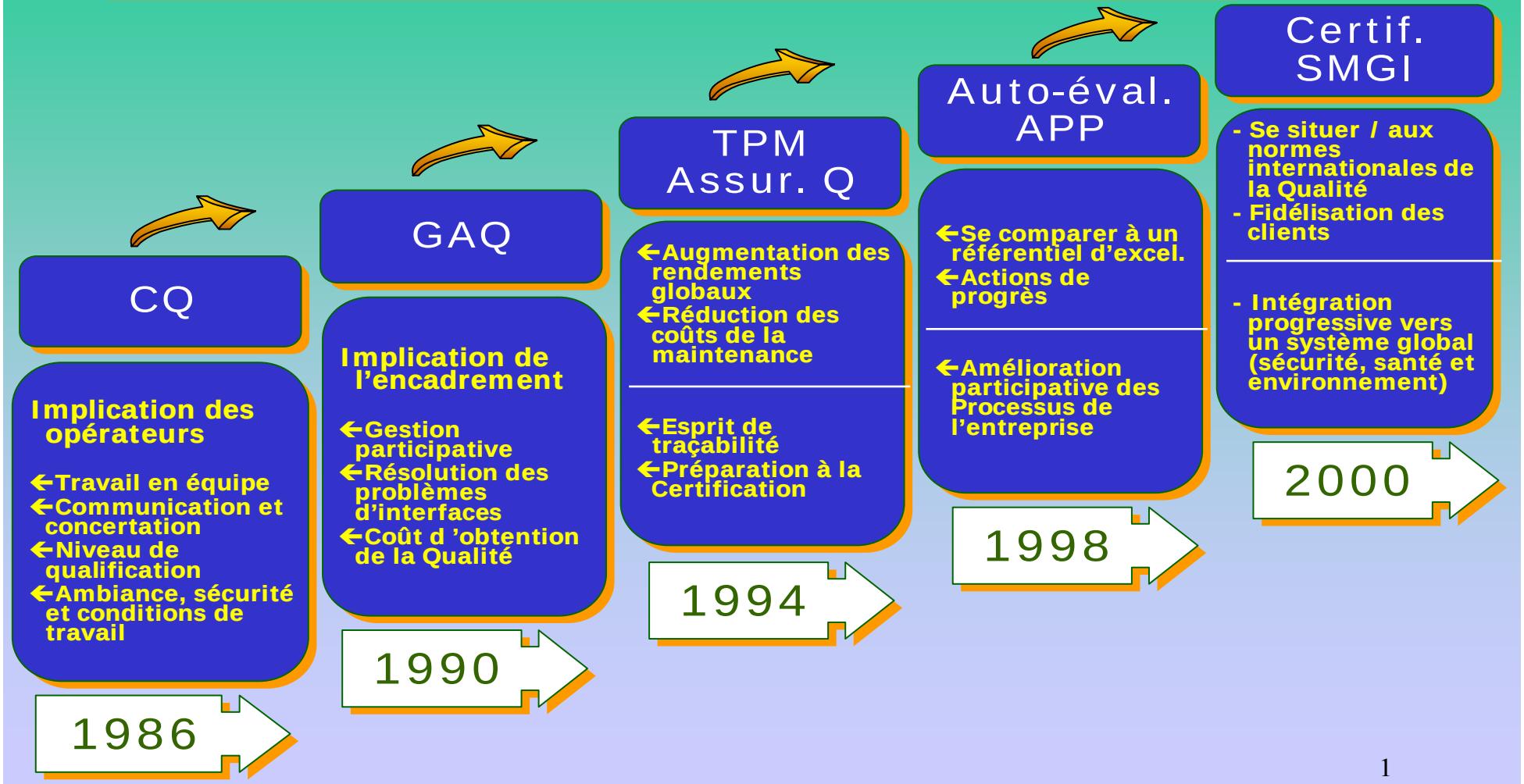
2000 : - Certification des systèmes de management de la qualité selon la norme ISO 9001.

- Mise en place d'un système de management global intégré : santé, sécurité, environnement

2002 : - Préparation de la certification des systèmes de management environnemental selon la norme ISO 14001

DEMARCHE QUALITE A L 'OCP

Construction de la démarche



1.2 Problématique industrielle :

Depuis 1986 le Groupe OCP a introduit la démarche qualité par la mise en place des cercles de qualité dans tous les sites de production miniers et chimiques. En 1990, l'approche qualité totale a été étendue à l'encadrement par le développement des groupes d'amélioration de la qualité. D'autres outils ont été introduits depuis 1994 pour consolider cette démarche : Assurance qualité, TPM, MSP, analyse et maîtrise des processus, certification ISO 9001, auto évaluation EFQM, ….

L'introduction de ces outils suscite à chaque étape des questions de la part des managers et de l'encadrement de l'entreprise :

- Quels gains financiers à court et moyen terme peut-on attendre de la mise en place d'une démarche qualité ?
- Comment impliquer le personnel et s'assurer de son soutien dans la mise en place des ces outils ?
- Comment calculer les coûts de non qualité et évaluer les gains de la démarche ?

Autrement dit, comment cerner le lien causal entre les investissements faits à travers le développement de la démarche qualité, et la réduction des coûts de non qualité. C'est-à-dire si on investit aujourd'hui dans la mise en place d'outils qualité, combien cet investissement va t – il nous rapporter à terme ?

En effet les systèmes classiques de comptabilité qui calculent les coûts par produit ne permettent pas de déterminer l'effet économique des améliorations induites par la démarche qualité dans les processus de production.

Ces questions sont légitimes car il est difficile d'imaginer de mener une politique qualité efficace en faisant abstraction de l'essence même de l'entreprise, à savoir faire des bénéfices (aspect économique). D'où la nécessité de considérer l'axe : qualité – économie dans toute démarche.

C'est à ce quoi nous nous attacherons à répondre d'abord à travers l'étude de l'état de l'art dans ce domaine avant de poser notre problématique de recherche.

1.3 Etat de l'art

Introduction : **Evolution d'un concept, La qualité, 80 années d'histoire**

La qualité totale est un concept dont l'origine serait la traduction de deux idéogrammes japonais « progrès, tous ensemble ». L'histoire de la qualité s'inscrit au confluent de plusieurs cultures (Sylvie Mayeur, 2004).

Dés le début du XXème siècle, la démarche qualité naît de l'inspiration de théoriciens et de systèmes scientifiques de production et de management.

A l'origine des statisticiens shewhart, Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa.

La qualité totale s'enrichit de principes d'action, au fur et à mesure de l'apprentissage par les entreprises dans la course effrénée au progrès pour une meilleure productivité. Les méthodes et outils avec leurs applications se mettant en place progressivement durant un siècle : le tri, la conformité, le contrôle, le management par les processus puis, le management du progrès continu.

<u>Années 20</u> : Taylorisme et fordisme - Contrôle final

Dans le contexte de la première guerre mondiale, la production s'intensifie et dans le cadre de l'organisation scientifique du travail (OST) la qualité a pour objet de garantir l'efficacité de l'outil industriel. Le trait caractéristique de cette période est d'avoir pour objet la détection des défauts avec une focalisation sur la conformité du produit.

Le développement du Fordisme associé au Taylorisme augmente le nombre de contrôles sur le produit final et va ouvrir la voie aux techniques statistiques et à un contrôle par échantillon qui vont se développer tout au long des années Trente.

<u>Années 30</u> : Shewhart pionnier du contrôle statistique de la qualité

En 1924, Walter Shewhart est le premier à travailler sur des techniques statistiques de contrôle de la qualité des produits fabriqués. Il part du principe qu'un processus de production en série ne permet pas de reproduire des objets à l'identique, car les phénomènes de variation empêchent la reproductibilité absolue des résultats d'un travail (variabilité).

Ainsi, l'idée d'utiliser des techniques issues de statistiques et des probabilités afin de contrôler la qualité par échantillonnage a fait naître le SPC (Statical Process Control) ou MSP (maîtrise statistique des processus).Dans cette période de contrôle et de maîtrise de la qualité

du produit final, les entreprises se concentrent sur la conformité du produit et utilisent les méthodes de statistiques, de probabilité, d'échantillonnage et de métrologie.

Années 50 : Deming, Juran et les autres

La demande est plus importante que l'offre et l'économie va baigner dans une logique productiviste. L'assurance de la qualité est née de la demande des acheteurs publics d'après guerre dans les domaines de l'espace, de l'armement et du nucléaire.

Dans la lignée de Walter Shewhart, le Dr Deming étend le domaine de la conformité aux standards à l'échelle de toute l'entreprise. Le cycle de Shewhart le PDCA (Plan, Do, Check, Act) devient avec Deming un véritable outil de management pour toute l'entreprise.

Les années de reconstruction de l'industrie japonaise permettent un rayonnement des outils et des idées de Deming. La dimension managériale de la qualité développée par ce dernier trouve un écho dans le prix Deming crée en 1951 pour la JUSE, présidée alors par Kaoru Ishikawa.

A partir de 1954, Joseph Juran développe devant la JUSE deux idées forces : la maîtrise de la qualité est beaucoup plus un problème management que des méthodes statistiques. Le rôle du management est de piloter l'action en cohérence avec les plans, les critères et les objectifs de l'entreprise.

Années 60 et 70 : Lorsque la qualité totale parait

De la pénurie d'après guerre on passe à la consommation de masse et à l'apparition d'une concurrence toujours plus vive. Cela a pour effet de privilégier le marketing et diversifier la production. La crise pétrolière des années 70 oblige les industries à baisser leur prix et réduire leurs coûts.

Dans les années 60, A.Feigenbaum, auteur du livre [Total Quality Control] (Feigenbaum, 61), poursuit les travaux de Juran sur la notion du coût qualité et la promotion, d'une qualité totale, à tous les niveaux de l'entreprise.

Au Japon, Ishikawa, sous l'impulsion de la JUSE, étend la qualité à d'autres secteurs comme les ventes et l'administration. Il développe de nouveaux outils et méthodes qualité: les 7 outils de la qualité dont le fameux diagramme d'Ishikawa (ou en arrête de poisson) et les cercles de qualité dont le premier est lancé en 1962.

En France, en1957, l'association française pour le contrôle Industriel et la qualité (AFCIQ) est crée, suivi par l'association française des qualiticiens (AFQ) en 1961. Par la suite, en 1970, l'association française de Normalisation AFNOR- lance l'étude des normes relatives à la gestion de la qualité : les futures ISO 9001.
Aux USA, Philip Crosby introduit les « sept zéros » des exigences de conformité. Il pousse la standardisation à ses extrémités, avec un effort supplémentaire sur les coûts (Crosby, 69).

<u>Années 80</u> : l'occident, le Japon et l'arme pour la compétitivité

La mise en œuvre méthodologique systématique de la qualité totale a été entreprise d'abord au japon après la seconde guerre mondiale. Il a été le moteur majeur de la réussite industrielle de ce pays. Trente ans plus tard, l'occident, Etats-Unis compris, se tourne résolument vers le Japon, qui a fait des progrès considérables et a conquis de larges parts de marchés dans des secteurs phares comme l'automobile et l'électronique grand public par exemple.
Les entreprises françaises se sont engagées dans cette voie plus tardivement que les USA mais en se rendant dans les entreprises japonaises, de nombreux dirigeants français ont très vite compris l'intérêt de la qualité totale comme arme pour la compétitivité, et ce dés le début de cette décennie 80. Il était désormais impératif d'assurer une qualité toujours meilleure, d'aller vers le « Zéro défaut » et en même temps, de pratiquer les prix les plus bas possible, ce qui exigeait simultanément une réduction des coûts. La bataille de la qualité totale était lancée.
Parallèlement au développement des nouvelles méthodes de gestion qui faisaient participer le personnel, un travail discret a été accompli à l'échelle internationale qui va produire une vague déferlante dans les années 90.
Ce travail a démarré dès 1979, date à laquelle l'organisation Internationale de Normalisation – ISO lance l'étude de normes internationales « qualité » avec la participation de plus de trente pays.
Trois normes de la série ISO 9000 vont servir de référentiels pour la certification de système qualité d'entreprises en 1987.

<u>Années 90</u> : amélioration de la qualité- priorité, assurance qualité et certification

La pression internationale a permis de toute évidence d'accélérer le passage d'une qualité d'abord centrée sur le produit à des systèmes d'assurance qualité plus larges comme la

certification. Cette évolution ouvrant ainsi les portes à la mise en place par les entreprises des démarches de qualité totale.

En France le mouvement français de la qualité, (MFQ) crée en 1991, est chargé d'animer la promotion de la qualité avec la médiation des grandes entreprises, pour développer l'implication des acteurs économiques.

En 1994, la 2ème version des normes ISO 9000 est apparue. Après le standard, les coûts, le progrès, la qualité totale intègre les ruptures de performance Qualité, coûts et délais (QCD)

Années 2000 : le capital clients

La fin du XXème siècle a vu la qualité totale se cristalliser autour de la valorisation du capital client. Ce capital à faire fructifier dans une gestion de la relation avec les clients, est au cœur des enjeux stratégiques des entreprises avec le marketing et ses programmes de conquête et de fidélisation. Il s'appuie sur le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication et sur l'essor d'Internet. Dans leurs dernières évolutions, les exigences de normes ISO 9000 et les critères du modèle EFQM d'excellence ont pris en compte cette approche des clients ou la notion de valeur des clients s'ajoute à la recherche de leur satisfaction. Les trois dimensions de la qualité totale du début de ce siècle sont :

- Maîtrise : le retour aux méthodes basiques « six sigma »
- Amélioration : management par la qualité : processus, écoute, mesure.
- Anticipation : vers la créativité indispensable à l'innovation : faire face à la diversification exponentielle des exigences, à la vitesse, à la dématérialisation des échanges et aux défis du développement durable

1.3.1 Généralités et concepts

1.3.1.1 Définitions

1.3.1.1.1 Définitions du COQ

Le coût d'obtention de la qualité (COQ) représente les dépenses qui auraient pu être évités si le produit et le service étaient conformes du premier coup.
C'est le coût supplémentaire dépensé par l'entreprise pour obtenir la qualité souhaitée par le client, parce que l'entreprise n'est pas parfaite.
Le COQ est la somme des dépenses supplémentaires engagées par l'entreprise « imparfaite » pour obtenir le même résultat. C'est le coût de l'imperfection ***(Jocou et al, 1992)***
Ce coût qui représente l'ensemble des efforts visant à éviter, à détecter ou à traiter la non qualité peut atteindre entre 10 à 30 % du Chiffre d'affaires.

Le COQ se décompose en 4 rubriques :

Le coût de prévention :

C'est le coût de tout ce qui est mis en oeuvre, à priori, pour éviter les défauts, erreurs et défaillances.
Exemples : la formation du personnel, les mesures de sécurité, la communication, le SMQ, études de marché, études de fiabilité, AMDEC,….

Le coût de contrôle :
C'est le coût de tout ce qui est mis en ouvre, à posteriori, pour vérifier que le produit est conforme à ce que l'utilisateur attend.
Exemples : contrôle des produits, étalonnages, inspections de la production, contrôle des factures,…
Le coût des défaillances internes :
C'est le coût de tout ce qui n'a pas été conforme dans le processus de production, du service, mais qui n'est pas constaté par l'utilisateur
Exemples : rebuts, retouches, gestion des non conformités, déclassement, surconsommations, …

Le coût des défaillances externes :

C'est le coût de tout ce qui n'est pas conforme à ce que l'utilisateur constate.
Exemples : traitement des réclamations clients, pénalités de retard, remplacement sous garantie, perte de clientèle connue

(***Juran ,1951 ; Harrington, 1995)***

.

La norme Française X 50 – 126 parue en 1986, classe les coûts résultant de la non qualité en quatre catégories :

Coûts des anomalies internes : frais encourus lorsque le produit ne satisfait pas aux exigences de qualité avant de quitter l'entreprise,

Coûts des anomalies externes : frais encourus lorsque le produit ne répond pas aux exigences de qualité, après avoir quitter l'entreprise,

Coûts de détection : dépenses engagées pour vérifier la conformité des produits aux exigences de qualités, c'est à dire pour financer la recherche des anomalies,

Coûts de prévention : investissements humains et matériels pour vérifier, prévoir et réduire les anomalies, c'est à dire les actions menées au niveau des causes des anomalies.

Les coûts de défaillance internes seront observés avant la sortie de produit et concerneront les différentes étapes de l'exploitation.

Les coûts de défaillance externes seront observés une fois le produit en la possession du consommateur.

En revanche les coûts d'évaluation et de prévention sont supportés à long terme mais aussi à court terme puisqu'il s'agit de mettre en place des investissements et des activités dans le but d'éviter et de prévenir les dysfonctionnements ainsi que d'améliorer la qualité.

1.3.1.1.2 Terminologie et différents appellations du COQ

L'étude bibliographique nous a permis d'identifier plusieurs appellations du COQ :

JURAN :

- le coût d'évaluation et de prévention
- le coût des défaillances

(Juran, 1951)

HARRINGTON :

- coût direct (résultant et contrôlable)
- coût indirect (coût d'opportunité et coût externe)

(Harrington, 1990)

P.HERMEL :

- coût réductible : coût des défaillances
- coût de la prévention et de détection : coût productif et coût improductif.

(Hermel, 1989)

AFNOR :

Coûts résultant de la non qualité

- coûts des anomalies internes et externes
- coûts de détection et de prévention

(Norme NF X50 – 126, 1986)

J.T.GODFREY et al :

- coût de maîtrise des défaillances (coûts fixes)
- coût des défaillances (coût variable)
- coût des pertes de ventes (coût d'opportunité)

(J.T Godefrey et W.R.Pasewark, 1988)

Synthèse des différentes appellations du COQ

Catégorie	Norme X 50 – 126-86	Grille AFCIQ-81	ASQC	JURAN	HARRINGTON	HERMEL	ISO/TR 10014 - 98
Prévention	Coûts de prévention	Frais de prévention	Coûts de prévention	Coût de prévention	Coût direct contrôlable	Coût productif	Coût de conformité
Evaluation	Coût de détection	Frais d'évaluation	Coûts d'évaluation	Coûts d'évaluation	Coût direct contrôlable	Coût improductif	Coût de conformité
Défaillances internes	Coût des anomalies internes	Coûts des défauts internes	Coût des défaillances internes	Coût de défaillance	Coût direct résultant	Coût réductible	Coût de non conformité
Défaillances externes	Coût des anomalies externes	Coût des défaillances après vente	Coût des défaillances externes	Coût de défaillance	Coût indirect	Coût réductible	Coût de non-conformité
Coût d'obtention de la qualité	Coûts résultant de la non qualité	Coûts de la qualité	Coût d'obtention de la qualité	Coût de la qualité	Coût de non qualité	Coût de la qualité	Coûts de processus

ASQC : American Society for Quality Control
AFCIQ : Association Française pour le Contrôle Industriel et de la Qualité

1.3.1.1.3 Interprétation des quatre rubriques du COQ :

La non-conformité mesure la dégradation entre le projet de départ (exigences du client) et le produit ou le service réalisé.
Si un défaut apparaît dans le processus de production, il faut mettre en place un système d'inspection pour le filtrer, d'où un coût de détection. Ce défaut corrigé dans l'entreprise entraînera un coût de réparation , de retouche, ou de rebut d'où un coût de défaillance interne, sans compter les changements de programmation, les pertes de temps ou les stocks supplémentaires engendrés.
Ce défaut, s'il est détecté une fois le produit parvenu au client, entraînera des coûts encore supérieurs de réparation par le service après vente, couverts ou non par la garantie, d'où un coût de défaillance externe, sans compter l'expérience négative vécue par le client qui peut le faire passer durablement à la concurrence.
Enfin ce défaut aurait pu être évité par des mesures de prévention d'où un coût de prévention.

1.3.1.1.4 Principaux modèles du COQ

Le modèle de P. HERMEL

P. HERMEL a particulièrement insisté sur le contrôle des performances des actions de prévention et d'évaluation. Pour ce faire, il a mis en évidence deux types de coûts attachés à des actions valorisantes de qualité :

- Les uns sont dits « productifs » ils engendrent un gain de performance. Ces coûts se traduisent à terme par une réduction des coûts de défaillance,
- Les autres, en revanche, sont « improductifs » ils rendent compte de contre performances des activités de prévention et d'évaluation qui n'ont pas atteint leur objectif de réduction des coûts de défaillance interne et externe.

Selon P.HERMEL, le COQ ne doit pas servir à estimer les dysfonctionnements ni le niveau de qualité acceptable, mais il doit mettre en relief la pertinence et le niveau de performance des activités valorisantes (organisation interne). ***(Hermel, 1989)***

Modèles de GODFREY ET W.R PASEWARK

Ces modèles qui intègrent l'environnement externe dans la qualité proposent une décomposition du COQ en trois rubriques :

- Le coût de maîtrise des défaillances « defect control costs » Il regroupe le coût de prévention et le coût d'évaluation
- Le coût d'échec « failure cost » : il regroupe le coût de réparation, le coût des produits déclassés, le coût du processus de retour des produits défectueux.
    - Le coût de vente perdue « cost of lost sales », Il correspond à l'estimation des ventes perdues à cause d'un problème de qualité. (***J.T Godfrey et W.R.Pasewark, 1988)***

Le modèle de A.V FEI GENBAUM

L'évaluation du COQ ne doit pas se limiter au chiffrage des dysfonctionnements, mais doit s'étendre pour définir le niveau optimal du COQ.

Le premier modèle a été établi par A.V. FEIGENBAUM. Il considère que le COQ doit couvrir les quatre activités génériques de la qualité la prévention, l'évaluation, les défaillances internes et les défaillances externes. ***(A.V Feigenbaum, 1956)***

Le modèle de HARRINGTON

L'expression « coût de la qualité » laisse une impression négative, qui reflète le mode de pensée des années 50, lorsque l'on pense que les produits de meilleure qualité coûtaient plus cher à fabriquer. Elle est donc bientôt remplacée par le « coût de la non qualité » (CNQ). Celui – ci se définit comme étant « égal à l'ensemble des coûts supportés, tant pour aider les opérateurs à effectuer toujours leur travail correctement, que pour déterminer si la production est acceptable. Il faut ajouter à ces coûts tous ceux que supportent aussi bien l'entreprise que son client, dès lors que le produit ne répond par aux spécifications et /ou aux attentes de ce dernier.

La non qualité fait perdre de l'argent à l'entreprise, alors que la qualité permet d'en économiser. Par conséquent et contrairement à ce que les industriels ont encore tendance à penser, la qualité ne coûte pas trop cher.

J. Harrington regroupe les coûts de non qualité (CNQ) en deux catégories d'éléments :

Les coûts directs de la non qualité

. Les coûts contrôlables

- coûts de prévention
- coûts d'évaluation

. Les coûts résultants

- coûts des erreurs internes
- coûts des erreurs externes

. Coûts de l'équipement

Les coûts indirects de la non qualité

. Coûts supportés par le client

. Coûts de l'insatisfaction du client

. Coûts de la perte de renom

Il est à signaler que dans ces deux principales catégories du CNQ, ce sont les coûts directs les mieux appréhendés, ce sont aussi ceux que les entreprises utilisent traditionnellement, car les résultas sont moins subjectifs.

- **les coûts contrôlables** : ces coûts sont ceux sur lesquels l'entreprise a un contrôle direct ils se subdivisent en deux catégories.

Les coûts de prévention : ce sont ceux engagés pour prévenir, diminuer, voir empêcher que des anomalies ou erreurs soient commises en fait, il ne s'agit pas réellement de coût, mais d'investissement engagé pour l'avenir.

Les coûts typiques de prévention sont liés :

- au développement et à l'application de système de collecte et d'enregistrement de données,
- au développement du plan de contrôle du processus qualité,
- à la formation à la qualité et aux tâches à exécuter.
- à la réalisation des enquêtes.

Les coûts d'évaluation : ce sont des dépenses engagés pour vérifier (mesurer) la conformité des produits ou services aux critères et aux procédures établis. Les coûts typiques de cette catégorie sont :

- les contrôles d'assurance qualité,
- l'inspection et les essais visant à déterminer la conformité des produits et/ou services aux exigences.
- la maintenance et l'étalonnage des équipements d'inspection.

- **Les coûts résultants** : Ces coûts sont appelés ainsi car ils sont directement liés aux décisions prises dans la première catégorie, ils se divisent eux mêmes en 2 catégories : coûts d'erreurs internes et externes, qui sont en fait des pertes directes de l'entreprise

Les coûts d'erreurs internes : ce sont les coûts des défauts détectés avant l'acceptation du produit ou service par le client. Des exemples typiques sont :

- rebuts et retouches en cours de production,
- dépannage et réparation,
- déclassements,
- coûts résultant de l'existence de stocks supplémentaires requis pour remédier à des pièces potentiellement défectueuses et a des lots rejetés.

Les coûts d'erreurs externes : ce sont les coûts des défauts qui sont détectés après livraison du produit ou service au client. Ce sont donc les coûts que supporte l'entreprise parce que son système d'évaluation n'a pas su détecter ces erreurs avant la livraison. Quelques exemples sont :

- évaluation des retours client,
- le traitement des réclamations.

Les coûts des équipements : Il s'agit du coût des investissements en matériel utilisés pour la mesure, l'acceptation ou le contrôle des produits ou services. Il inclut le coût de l'équipement utilisé pour l'impression et la diffusion des données relatives à la qualité. Exemples : ordinateurs, voltmètres, appareils de mesure.

Les coûts indirects de la non qualité : Selon HARRINGTON, les CNQ indirects sont des coûts directement mesurables dans le système d'information interne de l'entreprise, mais qui font partie des CNQ du cycle de vie du produit. Ils sont au nombre de trois

-Les CNQ supportés par le client : Ce type de coûts apparaît lorsque le produit ne répond pas aux attentes du client. Quelques exemples : baisse de productivité, coûts de transport et temps perdu pour le renvoi d'une marchandise défectueuse.

-Les CNQ dus à l'insatisfaction du client : Ce type de coût se traduit par une perte de recette suite à une insatisfaction sur un ou plusieurs produits de l'entreprise ce coût est difficile et délicat à mesurer.

-Les CNQ dus à la perte renom : ce type est encore plus difficile à mesurer et à prévoir que celui supporté par le client ou entraîne par son insatisfaction. Cette fois ci ce coût reflète une attitude du client envers l'entreprise plutôt qu'envers un produit bien particulier.

Il est à signaler que la catégorie des coûts des équipements, telle que définie par HARRINGTON, fait implicitement partie des coûts de détection - prévention définis par la norme X50-126 de L'AFNOR . ***(J. Harrington, 1990)***

Modèle de JURAN

Selon JURAN, l'expression de coût de la qualité a été utilisée pour désigner deux concepts très différents.

- 1- Les coûts imputables à une mauvaise qualité. Ces coûts représentant les domaines où les économies potentielles sont les plus grands et constituent donc les objectifs d'étude les plus intéressants.

- 2-Les dépenses pour obtenir la qualité. Ce concept est plus complexe et beaucoup plus controversable, il implique qu'on découvre, pour toutes les activités gravitant autour de la spirale, quelle fraction de leurs coûts peut être attribuée à la qualité.

-

Il distingue 4 catégories :

- Coûts des défaillances internes : ce sont les coûts qui disparaîtraient si l'on ne produisait pas de défauts dans l'entreprise. Ils comprennent les coûts des rebuts,

déchets, réparations, retouches, essais complémentaires, contrôles à 100%, pertes de rendement.

- Coûts des défaillances externes : ce sont les coûts qui disparaîtraient si l'on ne produisait pas de défauts à l'extérieur de l'entreprise. Ils englobent le paiement d'indemnités, les coûts de retour clients, les frais de garantie, les rabais consentis, l'analyse des réclamations.

- - Coûts de la mesure de la qualité : ce sont les coûts d'examen de l'état du produit à son premier passage tout au long de la fabrication. Ils comprennent les contrôles de réception, la surveillance des fournisseurs, les contrôles du processus, les contrôles et essai finals, l'entretien et l'étalonnage des appareils de mesure, les frais de personnel.
-
- Coûts de la prévention : ce sont les coûts supportés pour réduire tous les autres coûts de la qualité. Les coûts de la prévention peuvent inclure des activités telles que la planification de la qualité, audits de nouveaux produits, programmes de formation**. *(Juran, 1983)***

1.3.1.2/ ENJEUX DU COQ

1.3.1.2.1/ DIMINUTON DES COUTS DE NON QUALITE

La concurrence de plus en plus vive contraint aujourd'hui les industriels à une guerre impitoyable sur les prix.

Une composante de cette guerre est la maîtrise du coût de revient des produits pour:

- Augmentation des parts des marchés
- Augmentation des marges
- Conservation et conquête des marchés
- Sauvegarde pure et simple d'une activité

L'une des composantes du coût de revient est constitué des coûts de non qualité qui peuvent atteindre 10 à 30% de chiffre d'affaires.

1.3.1.2.2/ COUTS DE NON QUALITE : OUTIL DE MESURE

Afin de pouvoir maîtriser les coûts de revient, il est indispensable d'évaluer et de réduire les coûts de non qualité.

La mesure du COQ est l'une des premières qui devrait être mise en place par l'entreprise qui s'implique sérieusement dans la qualité. Eh bien, en 1995, à peine 10% des entreprises certifiées mesuraient leur COQ **(*J - P - Huberc, 1998*).**

Si l'entreprise n'a aucun système du coût de la qualité comment peut- elle mesurer l'impact des efforts entrepris pour réduire les non conformités et les défaillances.

Les développements stratégiques font de la qualité une condition sine qua none de réussite des firmes.

Pour la réussite l'emploi des méthodes et des outils éphémères portant sur la motivation du personnel n'est plus suffisant. Afin d'affronter l'environnement externe dans de bonnes

conditions, un outil de mesure est indispensable pour définir les actions prioritaires et pour anticiper les besoins des clients.

Les raisons de disposer d'un tel outil de mesure sont :

- Besoin d'un système permettant de définir la différence existant ente le luxe et aptitude à l'emploi, entre gaspillage et performance optimale,

- Quantification de ce que l'entreprise tout entière se trouve contrainte de dépenser par suite de l'imperfection des processus, des produits et du personnel,

- Suscite l'attention du management, la qualité n'est plus quelque chose d'abstrait, mais une réalité qui intègre les notions de coûts,

- Modifie la façon dont le personnel considère les erreurs : lorsqu'un opérateur commet une erreur et qu'un matériel défectueux est mis en rebut, l'impact de son comportement futur sera plus grand s'il sait le coût induit par cette erreur,

- Rentabiliser au mieux les efforts déployés pour résoudre les problèmes, le coût de non qualité a pour effet de quantifier les problèmes en terme financiers, ce qui permet d'orienter les actions correctives vers les solutions procurant le meilleur retour.

- Le COQ est un indicateur financier (l'argent unité standard et plus parlante) pour fixer des priorités.

- Un élément de suivi du plan de progrès : fournir un moyen de mesurer le véritable impact des actions correctives.

- Le chiffrage des coûts de la qualité provoque un changement de relation et de regard vis à vis de la qualité et de l'entreprise dans son ensemble

- Un outil de gestion qui permet d'identifier les possibilités d'optimisation des dépenses, de définir les objectifs de la qualité et de suivre leurs réalisations.

(Juran, 1951 ; Feigenbaum, 1956 ; Crosby 1979; Harrington, 1995).

1.3.1.2.3/ LE GISEMENT DE NON QUALITE

Le préjugé que la qualité coûte cher est solidement ancré dans la culture de certaines entreprises parce qu'il est lié à la vision du produit. Un produit sophistiqué coûte plus cher qu'un produit simple. Mais ce préjugé ne tient plus quand on considère le processus de production et de réalisation et que l'on mesure les coûts cachés ou le coût d'obtention de la qualité (COQ).

En effet, si on fait la somme des coûts de prévention, des coûts d'inspection ou de détection et des coûts de défaillance internes ou externes on se trouve devant un gisement de non qualité de 10 à 30% du chiffre d'affaires. Ce chiffre résulte des coûts des activités sans valeur ajoutée, dus aux multiples inspections, contrôles ou tests, modifications, retouches et rebuts, pertes de capacités, perturbations de production, retours, réclamations,…

Pour convaincre le management de la dynamique de la qualité il faut lui parler le langage de l'argent et non le langage de la technique.

L'intérêt du coût d'obtention de la qualité est surtout d'ordre conceptuel car il permet de montrer que « la qualité est gratuite » .

Les coûts doivent baisser à terme grâce à la prévention et à une meilleure connaissance et maîtrise des processus ***(Crosby, 1986 ; Teboul, 1990)***.

Il est aisé de deviner que les conséquences économiques de la non qualité sont considérables. D'après ***P.Lemaître (Lemaître, 1990***) relativement peu d'entreprises en considèrent l'enjeu Les causes principales sont :

- les coûts n'apparaissent pas de façon directe dans les comptabilités traditionnelles,
- la gestion économique de la qualité n'est pas encore enseignée de manière systématique et méthodique dans les formations de cadres décideurs,
- les qualiticiens, eux-mêmes, n'étant pas toujours formés à la gestion, n'ont pas une représentation homogène, et ne s'accordent pas sur les postes des dépenses à retenir.

- la démarche COQ ne cherche pas à introduire une comptabilité parallèle ou un nouveau système de gestion. Elle vise à sensibiliser tous les responsables et acteurs à l'importance des enjeux liés à la qualité et à leurs répercussions.

Une autre composante du COQ, à savoir, la non qualité interne qui génère le coût des défaillances internes est à considérer avec grande importance. En effet la qualité interne d'une entreprise est sa capacité à réaliser les opérations conformément aux exigences spécifiées et ceci du premier coup. La non qualité interne au contraire oblige à reprendre les opérations n'ayant pas abouti à la qualité visée

Cette non qualité s'entend certes pour le produit fini, mais aussi et surtout tout au long du processus de fabrication .Chaque étape du processus peut être entachée de non qualité .
La non qualité coûte d'ailleurs d'autant cher qu'elle n'apparaît tardivement dans le processus. Les opérations précédentes sont perdues totalement ou en partie.

La correction des produits (intermédiaires ou finis) rendue nécessaire par la non qualité coûte très cher. Elle constitue d'ailleurs un indicateur significatif de l'efficience d'une entreprise.

Ainsi une entreprise peut avoir des produits de qualité, et simultanément une qualité interne défaillante. Elle vend ses produits, mais elle les réalise à un coût élevé.

1.3.1.2.4/ COQ : OUTIL DE MANAGEMENT DE LA QUALITE

Depuis les années 50 avec les travaux de FEIGENBAUM, commente *J. HARRINGTON* ***(Harington, 1990),*** le concept du coût - qualité s'est affiné et s'est répandu à un point tel qu'il constitue un excellent outil de management, utilisable pour diriger les actions d'amélioration de la qualité et mesurer l'efficacité du système de la qualité totale. Depuis les systèmes d'évaluation de coût qualité sont appliqués par de nombreuses entreprises telles que : IBM, Honeywel, Général électric, ITT, Digital Equipement, Général Motors,….

W.Breyfogle **(*Breyfogle, 1999*)** propose de poser la question alternative : quel est le coût de ne rien faire ?
Autrement dit, quelles sont les conséquences, économiquement chiffrables à court ou à moyen terme, de ne pas entreprendre des démarches de détection ou de prévention.

Les médias relatent chaque jour les conséquences, de plus en plus coûteux, des non qualités générées par les entreprises ou l'administration qui n'ont pas pris à temps, les décisions pertinentes de maîtrise de leurs processus.

Le chiffrage du coût de l'ensemble des défaillances, anomalies, non conformités, c'est à dire de la non qualité, est un aspect fondamental du management de la qualité, car il permet par la mise en ouvre d'actions pour l'amélioration de la qualité.

- à maîtriser et réduire les coûts relatifs à la qualité
- à maintenir ou développer en conséquence le chiffre d'affaires.

1.3.1.3 ORDRES DE GRANDEUR DU COQ

1.3.1.3.1 Ordres de grandeur du COQ :

D'après les conclusions d'une étude effectuée auprès de firmes industrielles françaises, à la demande de la SQUALPI (Service de la Qualité des produits industriels – Ministère de l'industrie) (Squalpi,1990), elle relève le lien entre le style de gestion et le niveau de développement de la mesure de la qualité. Cette étude fait apparaître plusieurs types d'évaluation de la qualité.

- Les techniciens (10,60 %) : Ce sont les grandes entreprises qui axent leur politique qualité sur des outils de mesure et la formation de l'encadrement. Elles mettent l'accent sur le contrôle des coûts internes. Leur COQ est estimé à 8% du C.A.

- Les philosophes (17 %) : Ce sont des entreprises moyennes tournées vers la prévention qui accordent une grande importance à la formation et à l'information. Ces firmes ont une approche conceptuelle de la qualité et accordent plus d'importance au contrôle des activités de la prévention. Leur COQ est estimé à 9% du C.A.

- Les traditionalistes (11,5 %) : Ce sont les entreprises qui ne font de la qualité qu'en aval. Elles mesurent en priorité les coûts dus aux produits non conformes, aux avoirs, aux remises, etc. Elles chiffrent leur COQ à 17 % du C.A.

- Les candidats (17,9 %) : Ce sont les entreprises qui ont une démarche très pragmatique mais qui reste très timorée. Aucune logique de calcul n'est précisée mais elles estiment le COQ à 7,4% du C.A

- Les candides (12,1 %) : Ce sont les entreprises qui n'ont pas d'objectifs de mesure et dont la politique qualité est très dépendante des contraintes des grandes donneurs d'ordre. Elles n'ont aucune mesure de la qualité qu'elles estiment à 7% du C.A.

- Les dépassés (7,3 %) : ce sont les entreprises qui axent leurs démarches qualité très modestes sur la fabrication. Elles n'ont pas une mesure précise de la qualité mais elles l'estiment à 5,8 %du C.A.

- Les réfractaires (23,6 %) : ce sont les firmes qui n'ont pas d'outil de contrôle et qui par l'impression qu'elles se donnent de bien maîtriser leur gestion se détournent d'une démarche qualité structurée jugée inutile. Elles n'ont pas une mesure précise du COQ mais elles l'estiment à 4,9 % du C.A.

Ainsi paradoxalement plus les entreprises négligent la démarche qualité, plus elles sous estiment le COQ.

Parmi les firmes qui accordent de l'importance à la qualité, celles qui sont engagées dans la prévention, la formation du personnel et l'information, ont un COQ plus faible que celles qui limitent les actions qualité à la maîtrise des dysfonctionnements (en aval du processus)

En France un certain nombre d'études ont montré que les coûts de non qualité, à l'exclusion des coûts d'obtention de la conformité (coûts de détection + coûts de prévention) représentaient, pour l'industrie française, en moyenne entre 15 et 18% de la valeur ajoutée ***(Périgord, 1990).***

Au début des années 90, le Ministre français de l'industrie et du commerce, faisant une communication portant sur la qualité dont un extrait ci-après :
« Sachant que près de 10% du C.A des entreprises, soit environ 400 milliards de francs par an , sont perdus en rebut, retouches et gaspillages, la qualité leur permet de réduire leurs coûts » (agenda du journal le Monde , 92)

1.3.1.3.2 Lien entre stades de mise en place d'une démarche qualité et le COQ :

L'entreprise ignorante de ses problèmes de non qualité se trouve dans la situation suivante:
- Beaucoup de défaillances et très peu d'efforts de détection et de prévention. Après sensibilisation et développement du contrôle de la qualité, elle va se trouver dans la situation ou les coûts de défaillance et de détection s'équilibrent. La sagesse commence lorsque

l'entreprise saisit l'importance de la prévention et de l'anticipation contre les défaillances et l'inspection.

D'après CHAUVEL ***(chauvel ,1988)*** la part du coût de la non qualité dans le chiffre d'affaires d'une entreprise se présente comme suit :

Démarche qualité adoptée	***CNQ / CA***
Contrôle de la qualité	20-25 %
Assurance qualité	10-12 %
Gestion globale de la qualité	4-7 %

D. SHAININ définit 4 étapes d'apprentissage de la qualité ***(Shainin, 1997) :***

Etape	***caractéristique***	***Démarche qualité***	***Coûts de non qualité***
Etape 1	Innocence	La qualité est un mal nécessaire. Problèmes : détection/Tri	Non mesurés
Etape 2	Eveil	La qualité : un coût – correction des problèmes	Non mesurés
Etape 3	Engagement/mise en oeuvre	La qualité : un impératif économique, des ressources sont allouées à la prévention	Réduction des coûts de non qualité de + 50 %
Etape 4	Classe mondiale	La qualité : une valeur sure. La prévention : un mode de vie.	Processus d'amélioration continue mis en place.

D. SHAININ ajoute que même parmi les meilleures compagnies américaines, le coût de non qualité est rarement au dessous de 5 % du C.A. Le pire c'est que 80 % des entreprises américaines ne calculent même pas leurs coûts de non qualité. Il conclut qu'en fait la plupart d'entre elles ne savent même pas le faire.

1.3.1.3.3 Niveaux d'estimation du COQ :

Les entreprises qui mesurent le COQ, constatent qu'il croit les premières années. Il s'agit d'un phénomène bien connu qui s'explique par le fait que les dépenses sont mieux appréciées. En réalité ce n'est pas le COQ qui augmente, ce n'est que son estimation.

En effet si le système comptable était capable d'enregistrer tous les coûts de non qualité, tels que par exemple la perte d'un client, le coût des équipements inutilisés, les perturbations dues aux fournisseurs déficients, les erreurs du personnel administratif, les temps de cycle de conception ou de production non maîtrisés, alors l'estimation du coût de la non qualité prendrait des proportions astronomiques.

A titre d'exemple, nous citons des estimations des coûts de non qualité dans les entreprises USA ***(J- P Huberc ,1998).***

	1er phase Brouillard	**2ème phase** Eveil	**3ème phase** Progrès	**4ème phase** Sagesse	**5ème phase** Plénitude
Annoncé	Inconnu	3 %	8 %	6,5 %	4 %
Réel	20 %	18 %	12 %	8 %	4 %

Exemple de coûts et profits pour deux pourcentages du CNQ

	CNQ de 20%	***CNQ DE 10%***
Coût de matériaux /composants	300 K€	300 K€
Coût de la main d'ouvre, frais généraux	1200	1200
Coût de non qualité	300	150
Coût total de production	1800	1650
Coût de la distribution et des ventes	100	100
Coût total pour l'entreprise	1900	1750
Prix de vente	2050	2050
Profit	150	300
Retour sur investissement	7,8%	17%

1.3.1.4 Grilles d'analyse des COQ

L'utilisation d'une grille d'analyse permet d'être exhaustif dans l'énumération des rubriques à évaluer. Parmi les grilles les plus reconnues, nous citons les grilles proposées par :

- L'AFCIQ (Association Française pour le contrôle industriel et la qualité) ***[Afciq, 81]***
- La norme AFNOR NF-X-50-126 ***[Afnor, 1986]***

Grille AFCIQ

Frais de Prévention	Frais D'évaluation
A.1 Gestion de la fonction qualité A.1.1 administration A.1.2 ingénierie qualité A.1.2.1 Etude qualité A.1.2.2 méthodes d'inspection A.1.2.3 audit de qualité A.2 Préparation et réalisation des revues A.2.1 revue de conception A.2.2 revue du dossier de définition A.2.3 revue du dossier de fabrication de contrôle A.2.4 revue du dossier de contrôle A.3 Système qualité relatif aux achats A.3.1 évaluation des fournisseurs A.3.2 spécification d'inspection A.3.3 vérification des ordres d'achat A.4 Programmes de formation qualité A.5 Autres dépenses de prévention	B.1 Qualification industrielle du produit B.2 Réception des produits achetés B.2.1 qualification des produits achetés B.2.2 inspection chez le fournisseur B.2.3 inspection entrante B.2.4 coût des matières consommées B.2.5 analyse et traitement des données B.3 Inspection de la production B.3. 1inspection du procédé B.3.2 inspection de démarrage de la production B.3.3 i inspection en cours B.3.4 super inspection B.3.5i inspection de la manutention conditionnement B.3.6 inspection finale B.3.7 homologation par les services officiels B.3.8 évaluation des éléments stockés B.3.9 matériels consommés lors des essais B.3.10 traitement des données d'inspection B.3.11audit qualité du produit B.4 Métrologie B.4.1 matérielle utilisés par l'inspection B.4.2 matériels utilisés par la production

COUT DES DEFAUTS INTERNES	COUT DES DEFAILLANCES APRES VENTE
C.1 Rebuts C.1.1 Défaillances de fabrication C.1.2 Défaillances de conception C.1.3 Défaillances de fournitures externes C.2 .1 Retouches C.2. Défaillances de fabrication C.2.2 Défaillances de conception C.2.3 Défaillances de fournitures externes C.3 Recherches de défauts C.4 Commission des refus C.5 Réinspection des produits retouchés C.6déclassement du produit	D.1 Réclamations D.1.1 service après vente D.1.2 produits refusé et retourné D.1.3 expertise/réparation du produit D.1.4 remplacement sous garantie D.1.5 malfaçon en installation D.1.6 erreur d'étude d'application D.1.7 erreur de conception D.1.8 responsabilité civile et pénale D.2 Perte de clientèle connue

EXTRAITS DE LA NORME X 50 126

A – EVALUATION DES COÛTS RESULTANT DE LA NON-QUALITE

A .1 Coûts des anomalies

A .1.1 Coûts des anomalies internes

a) Rebuts……..

b) Retouches, reconditionnements, réparations, réfections, etc…..

c) Déclassement sur produits finis ou en cours……..

d) Pertes dues aux achats inemployables…..……..

e) Autres coûts internes :

- **Pollution…….**
- **Accidents du travail ……..**
- **Absentéisme…….…..**
- **Divers (à préciser**)……..

A .1.2 Coûts des anomalies externes

f) Réclamations clients……..……..

g) Coûts de garantie (SAV)……..

h) Remises ou ristournes……..……..

i) Autres coûts externes :

Pénalités de retards…….
Agios pour non respect de délais…….
Pertes de clientèle……..…….
Remboursements des dommages causés à autrui……..
Prime d'assurance pour couverture de la responsabilité du fait des produits…….
Divers (à préciser)……

A .2 Coûts de détection et de prévention

j) A .2.1 Coûts de détection

- Salaires et charges liés aux vérifications……..

- Frais de contrôle sous-traités……..

-Fournitures divers et produits détruits pour essais utilisés pour l'évacuation du produit……..

-Amortissement du matériel de contrôle et d'essais utilisés pour l'évaluation du produit…..……..

- Frais d'étalonnage……..

- Divers (à préciser)……..

k) A .2.2 Coûts de prévention

- Etablissement des documents relatif à la gestion et à l'assurance de la qualité, (manuel qualité, plans qualité, plans de contrôle)……..

- Evaluation des fournisseurs……..

-Sensibilisation, motivation et formation à la qualité et la gestion de la qualité…..

-Réalisation d'audits qualité…….….

-Analyse de la valeur……..…….…..

- Divers (à préciser)……..

1.3.1.5 Eléments et rubriques du calcul du COQ

Les systèmes de gestion budgétaires, même les plus élaborés n'ayant pas été conçus dans le but d'identifier les coûts d'obtention de la qualité. Nous présentons à titre indicatif une liste non exhaustive des éléments que l'on trouve généralement au sein d'un entreprise.

Ces éléments sont structurés selon les quatre rubriques principales du COQ à savoir :

- Les Coûts de prévention : Ce sont les dépenses engagées volontairement par l'entreprise pour prévenir l'apparition de dysfonctionnements de toute nature.
- Les coûts d'évaluation ou de détection : ce sont les dépenses engagées volontairement par l'entreprise pour contrôler (mesure, évaluer) le niveau de qualité de ses activités, que ces contrôles soit réalisés de manière interne ou qu'ils soient sous traités.

- Les coûts de défaillances ou d'anomalies internes : Ce sont les coûts subis par l'entreprise à la suite de dysfonctionnements divers qui ont pu être détectés en interne.
- Les coûts de défaillances ou d'anomalies externes : Ce sont les coûts subis par l'entreprise à la suite de dysfonctionnements perçus par ses clients .

Nous illustrons, ci-après, ces différentes catégories des coûts par des exemples

Exemple 1 : cas général

Coûts de prévention

Eléments	**Nature des coûts**
Fonction qualité	Budget du service qualité
Revues de direction travail en équipe	Coût du temps passé dans les réunions
Formation continue	Budget de formation Coûts des salaires des participants
Assurance qualité fournisseurs	Coûts des déplacements chez les fournisseurs et/ou la

Visites et audits	réception des fournisseurs
Assurance qualité interne	Coût des travaux de formalisation de procédures, modes opératoires
Audits clients Audits de certification	Frais de réception des clients Frais des audits de certification Coût du temps consacré aux entretiens avec les auditeurs
Investissements en prévention	Amortissement des investissements (équipements, logiciels,..) destinés à étudier des améliorations du processus de production, des produits,

Coûts dévaluation

Eléments	**Nature des coûts**
Fonction contrôle qualité	Salaires bruts et charges du personnel appartenant au service contrôle qualité
Contrôles et analyses par laboratoires extérieures	Honoraires versés aux laboratoires extérieurs pour le contrôle des produits
Etalonnage et vérification des moyens de mesure	Etalonnage et vérifications réalisés par des laboratoires extérieures ou des personnes n'appartenant pas au service contrôle qualité
Investissements en évaluation	Amortissement des investissements (équipements, Logiciels,…) destinés à la métrologie

Coûts de défaillance interne

Eléments	**Nature des coûts**
Déchets matières premières et Auxiliaires de fabrication	Coûts relatifs, au stockage et à l'élimination des déchets inhérents au processus de production
Déchets et rejets provenant du processus de production	Coûts d'éliminations des sous produits indésirables inhérents au processus de production (déchets, dépôts,..)
Rebuts	Coûts des composants, produits finis ou semi finis, rebutés au contrôle en réception, en cours ou en fin de fabrication
Retouches, retraitements, réparations	Coûts des travaux ou opérations supplémentaires pour rendre un produit défectueux conforme aux spécifications et en réaliser à nouveau le contrôle
Maintenance, services généraux	Surconsommations de produits, consommables, travaux en doubles, travaux recommencés ou inutiles, attentes d'interventions,…
Investissements inutilisés	Coûts d'immobilisation des machines inutilisés ou partiellement inutilisés
Coûts sociaux	Absentéisme, accidents de travail,…

Coûts de défaillances externes

Eléments	**Nature des coûts**
Réclamations clients	Coûts liés au temps consacré par diverses catégories de personnel à la gestion des réclamations
Coût du service après vente	Coûts des interventions du service après vente imputables à l'entreprise (rappels, garantie,…)
Retours clients	Coûts liés aux retours clients : avoirs, remises, ristournes, transport sur retour, nouvelle livraison
Retouches, réparations réalisées par les clients	Coûts liés aux retouches, tris, réparations, effectués par le client aux frais de l'entreprise
Erreurs de facturation, transmission de données au client	Coûts liés au temps consacré à la résolution de ces erreurs

Exemple 2 : Rubriques des coûts de non qualité

La liste ci-après est indicative (non exhaustive) des principales composantes des rubriques de coût de non qualité :

1. Temps du personnel passé en
    - Recyclage /retouche,
    - Réception et réponse aux réclamations,
    - Recherche de solutions de réparation
    - Réexpéditions

2. Surconsommations en

- Matières premières,
- Outillage et fournitures,
- Énergie.

3. Surdépenses en
   - Heures supplémentaires ou intérimaires,
   - Stock,
   - Frais financiers (retard),
   - Pénalités,
   - Procès.
4. Perte de valeur ajoutée liée aux
   - Rebuts (prix de revient de production),
   - Ristournes (pour déclassement),
   - Manque à gagner (temps de non production).
5. Amortissement des équipements spécifiques liés aux :
   - Temps de retouche,
   - Temps de non production.

A ces cinq rubriques, viennent s'ajouter, en outre, les conséquences financières du préjudice commercial souvent difficiles à évaluer directement.

Exemple 3 : Rubriques de coûts de gestion de la qualité

1. Temps du personnel passé en
   - Opérations de contrôle, inspection, surveillance,
   - Opérations de prévention ;
   - Cercles de qualité,
   - Formation,
   - Information, communication ;
   - Evaluation ;

- Autres aspects da la fonction qualité.

2. Sur consommations liées aux :
    - Matériaux de formation ;
    - Tests et simulation ;
    - Outillages de contrôle et prévention ;
    - Documentation aux postes de travail ;
    - Maquettes et prototypes supplémentaires
3. Sur dépenses liées aux
    - Formateurs et intervenants ;
    - Heures supplémentaires et intérimaires
4. Pertes de valeur ajoutée liée aux
    - Tests destructeurs (prix de revient de production)
    - Manque à gagner (temps de non production)
5. Amortissement des équipements spécifiques aux
    - Opérations de contrôle /prévention ;
    - Opérations de formation action

(P. Hermel, 1998)

Exemple 4 : Eléments rentrants dans l'estimation du COQ

- Retouches, rebuts : coûts engendrés pour la fabrication de pièces ou de produits mauvais : il a fallu payer la matière, des ouvriers pour les fabriquer, pour les retrier, pour retoucher celles qui peuvent l'être, du temps de machine occupée, de l'énergie dépensée, etc.
- Contrôle : coûts d'inspection et d'évaluation
- Perte matière : elle comprend l'ensemble de la matière qui n'est pas incorporée dans le produit fini (copeaux, bavures, etc.)
- Non utilisation des moyens : elle représente les fractions des machines qui sont en panne, en réglage, en changement de série, et les frais de

personnel, les frais généraux, les frais financiers qui accompagnent cette perte de potentiel.

- Aléas humains ils engendrent les coûts liés à l'absentéisme, aux accidents de travail,aux pauses,etc.

- gestion des flux : représente l'ensemble des mouvements des opérations de manutention liés à une mauvaise adéquation entre l'implantation et l'optimisation des flux.

- Administration – informatique : comprend les fonctions administratives qui peuvent être considérablement réduits.

Exemple 5 : Rubriques et éléments du COQ concernant la production

A – **Prévention**

- Formation au poste
- Élaboration du système documentaire
- Études des points critiques
- Établissement des objectifs
- Préparation des plans d'amélioration annuels
- Maintenance préventive du matériel
- Etc. …….

B – **Evaluation :**

- Contrôles des en-cours, contrôles d'entrée et à la sortie
- Etalonnage des appareils et des moyens de mesures utilisés
- Evaluation des informations clients
- Audits des stocks

- Vérification de la capabilité des processus

C- Défaillances internes :

- Rebuts de production et de stockage
- Pertes
- Reprises, retouches exécutées par la production en vue de rendre le produit conforme aux spécifications
- Recherche des défauts de mise en place d'actions correctives
- Maintenance curative du matériel
- Coûts des pannes et défaillances (matériel et procédé)
- Pertes dues aux déclassements des produits finis
- Surcoût dû aux produits spéciaux

D – **Défaillance externes :** (non qualité perçu par le client)

- Coût des remplacements
- Coût dû aux erreurs de livraison
- Avoirs dû à la non qualité des produits
- Pénalités de retard
- Pertes dues aux contentieux
- Traitement des réclamations

Exemple 6 : Rubriques et éléments du COQ concernant les matières premières

A – Prévention

- Rencontres périodiques avec les fournisseurs
- Préparation à la définition d'un programme d'audit des fournisseurs

B- Evaluation :

- Suivi et contrôle d'entrée
- Inspection chez le fournisseur
- Participation à la qualification des produits
- Calibration des moyens de mesure
- Contrôle des factures

C- Défaillances internes

- Inventaire excessif dû au manque de confiance dans les fournisseurs
- Relances par suite de non respect de délai ou de programme de livraison
- Coûts encourus à la suite de spécifications hors tolérance

D- **Défaillances externes**

- Relance téléphonique des livraisons
- Visites aux fournisseurs pour résoudre des problèmes
- Pertes encourus à la suite d'erreurs du fournisseur.

Exemple 7 : **Rubriques et éléments du COQ (Cas de l'entreprise A)**

DE - Défaillances externes :

- D1 : Avoirs,
- D2 : Garanties,
- D3 : Expertises,
- D4 : Transports exceptionnels,
- D5 : Retards de paiements.

DI – Défaillances Internes :

- I1 : Tris,
- I2 : Stocks matière première,
- I3 : stocks divers,
- I4 : Absentéisme,
- I5 : Accidents,
- I6 : Pannes,
- I7 : Rebuts,
- I8 : Ecarts par rapport aux standards ; main d'œuvre et matières,
- I9 : Reconception.

E) – Evaluation :

- E1 : contrôle,
- E2 : Matériels de contrôle,
- E4 : Honoraires (contrôle sous traité, exigé par les clients)
- E6 : homologation

P) – : Prévention :

- P1 : Qualité
- P2 : Formation,
- P3 : Assurances,
- P4 : Maintenance préventive,
- P5: Prévention accidents,
- P6 : revues COQ
- P7 : PAQ

Exemple 8 : Rubriques et éléments du COQ (Cas de l'entreprise B)

RUBRIQUE	ELEMENTS
prévention	Gestion administrative qualité - Coût du service promotion qualité - Coûts des méthodes participatives - Primes de suggestion Sensibilisation – motivation – appropriation des démarches qualité - journée qualité - Vidéo AQ - Formation interne - Communication Ingénierie qualité - Coût du service mise au point produit – processus nouveaux Achats - Coûts relatifs à la démarche AQF Formation - Coûts relatifs à la mise en œuvre des programmes de formation du personnel à la qualité
Détection	- Coûts relatifs au contrôle des produits, de la réception au contrôle final, - Maîtrise de la métrologie (maintenance, étalonnage)
Défaillances internes	- Déclassements - Mise au mille

	- Rebutés - Réparations - Fiabilité outils
Défaillances externes	- Coûts litiges - Coûts délais - Incidence sur image de marque

1.3.2 Evolution du concept du COQ

Selon **W.R PASEWARK**, l'évolution du COQ s'est globalement réalisée en quatre phases :

La première phase est appelée « l'ère du coût de défaillance ».Elle se décrit comme la période qui correspond à la production en masse. Les préoccupations des dirigeant n'étaient pas la qualité du produit mais la facilité de répondre quantitativement au marché. L'action qualité est une action de contrôle en aval de la production. La perception de la qualité correspond à l'approche produit ou l'on recherche à maximiser la rentabilité du produit.

La deuxième phase correspond à « l'ère du coût d'évaluation (ou de détection).Elle est caractérisée par l'intégration d'outils statistiques. Ceux ci ont été préalablement testés et développés dans l'industrie de l'armement en vue de réduire surtout les défaillances externes (observés après l'usage). Cette deuxième phase correspond à une notion de qualité selon l'approche - utilisateur qui repose sur la satisfaction du client après l'utilisation du produit.

La troisième phase correspond à l'ère de prévention. Elle est caractérisée par une concurrence de plus en plus agressive, à cause du développement du consumérisme et de la mondialisation des marchés.

Pour ce faire, il a fallu étudier les possibilités de développer un avantage compétitif en agissant radicalement sur les défaillances, par une action sur les causes. De là l'intérêt à mettre en place des activités en prévention (recherche, formation,…) qui ont un double effet :

- Améliorer la valorisation du produit aux yeux du client
- Réduire les causes de dysfonctionnements à une approche - production qui se fonde sur la recherche d'une meilleure efficacité par une réduction des écarts de réalisation, une réduction des contre-performances, etc.

La quatrième phase correspond à l'entrée dans une ère de super prévention. Elle nécessite la prise en compte dès la conception, d'éléments visant à réduire le taux de défaillance.

1.3.2.1 Concept usine fantôme : FEIGEN BAUM

Les premiers travaux sur les coûts de la qualité remontent aux années 50. Ainsi rapporte Harrington dans l'ouvrage « le coût de la non qualité » ***(Harington, 1990)***, Armand Feigenbaum, qui travaillait chez Général Electric, conçoit un système, basé sur le dollar, qu'il appelle « coût qualité ». Ce système additionne l'ensemble des coûts liés au développement du système qualité et à l'inspection des produits, à ceux entraînés par l'incapacité d'un produit à satisfaire aux exigences. Il a pu ainsi remettre à sa direction un rapport qui a forcé son attention, car son unité de base était le dollar, langage commun à la direction et à l'actionnaire.

Dans le passé, l'un des mythes les plus dommageables à l'entreprise a été de croire qu'une qualité meilleure exigeait un coût plus élevé, et que, d'une façon ou d'une autre, cela rendait la production plus difficile , écrit Armand Feigenbaum en préface de l'ouvrage « le coût de la non qualité » . Les faits ont démontré de façon persévérante que la bonne qualité était synonyme de bonne utilisation des ressources : les équipements, les matériaux, l'information, et par dessus tout, les ressources humaines et par voie de conséquence, des coûts plus bas et de productivité plus élevée », poursuit –il.

FEIGEN BAUM développe le concept de l'usine Fantôme, usine parallèle » à l'usine « officielle » qui a pour unique mission de réparer les erreurs commises par l'usine « officielle ».Selon lui l'usine Fantôme peut représenter le détournement de 40% de la capacité de production de l'usine « officielle ».

1.3.2.2 COQ outil de communication : JURAN

Le langage de l'argent améliore la communication entre les échelons intermédiaires et les échelons supérieurs de la hiérarchie, que les chiffres soient tirés d'estimations ou d'une extension du système comptable. Dans certaines entreprises, la nécessité d'améliorer la communication sur les questions de qualité est devenue si aiguë qu'elle est devenue la principale raison de se lancer dans une analyse des coûts de la qualité.

JURAN ***(Juran, 1983)*** définit la qualité comme étant l'aptitude à l'emploi (fitness for use or purpose) qui le distingue de celle de CROSBY « conformité aux spécifications ». Il ne croit pas que la qualité est gratuite, car il y a un point optimum au delà duquel la conformité est

plus coûteuse que la valeur de la qualité obtenue. Ceci le met en conflit avec l'approche Deming (amélioration continue).

Dans son modèle JURAN décrit un niveau optimum de conformité qui correspond au COQ le plus faible, au delà duquel la conformité de la qualité implique un surcoût.

La première zone est appelée « zone des projets d'amélioration » elle correspond à un niveau de coût de défaillance qui dépasse 70% du COQ et à un niveau de prévention inférieur à 10%. A ce niveau le COQ est asses élevé à cause de l'importance des coûts de défaillances.

La deuxième zone est appelée « zone d'indifférence ou optimale ». Elle correspond à un coût proche de 50% du COQ et à un coût de prévention proche de 10%. Au niveau de conformité, le COQ est à son plus bas niveau.

La troisième zone est appelée « zone de perfectionnement ». Elle implique un coût d'évaluation dépassant les 50% du COQ et des coûts de défaillance inférieur à 40%. Le COQ dépasse à ce stade son niveau minimal à cause de l'importance des coûts d'évaluation et de prévention.

Du point de vue de JURAN moins de 20 % de la non qualité (non conformités) sont dus aux opérateurs.

Pour conduire un programme d'amélioration de la qualité par l'outil COQ, Juran préconise de traiter problème par problème, en se basant sur les informations émanant des processus (non conformités), des clients (réclamations) etc.

1.3.2.3 COQ indicateur de mesure de la qualité : CROSBY

CROSBY ***(Crosby, 1986)*** est renommé pour le concept « zéro défaut » qu'il a développé dans les années 60. La définition de la qualité pour lui, est la conformité aux exigences, qui ne peut

être mesurée que par le coût de non-conformité et non pas par des indices. Il préfère les termes conformité et non-conformité plutôt que qualité et non qualité.
Il n'y a pas de place dans sa philosophie aux niveaux acceptables de qualité, qui conduisent à supposer que les erreurs sont inévitables.

Selon CROSBY, le profil de l'entreprise à problèmes se décline en cinq symptômes

a- le produit ou service livré par l'entreprise n'est pas toujours conforme aux exigences qui ont été soit publiées, soit annoncées ou convenues.

b- L'entreprise dispose d'un service après vente ou d'un réseau de concessionnaires compétents qui est capable de maintenir la satisfaction de la clientèle par des actions ou des réparations adéquats. Cette approche témoigne de mauvaises habitudes pour pallier les déficiences du système qui sont à ce point admis dés qu'elles paraissent inévitables.

c- Le management de l'entreprise ne définit pas clairement les critères de réalisation ou de qualité, les employés en décident à leur propre initiative. On passe son temps à réparer et à réagir aux non conformités. Le plus étonnant c'est que le management ne semble pas en avoir les résultats en matière de coûts. D'abord le programme de production, ensuite les coûts, enfin la qualité.

d- L'entreprise ne connaît pas le coût de non conformité. Les entreprises industrielles, dépensent 20% ou plus de leur chiffre d'affaires à travailler d'une manière incorrecte et à rectifier ensuite les erreurs commises. Comment se fait que l'encadrement s'accommode de cette situation ? c'est le cinquième symptôme qui est en effet le plus sérieux.

e- L'encadrement se refuse de d'admettre qu'il est lui même à l'origine du problème

CROSBY cite quatre principes de la qualité :

a- la définition de la qualité, c'est la conformité aux exigences

b- le système de la qualité c'est la prévention des défauts

c- le critère de réalisation c'est l'erreur zéro. Ce que nous devons faire, c'est tout mettre en oeuvre pour que le travail soit fait correctement du premier coup. Lorsqu'un critère est vague, la qualité du travail varie d'un jour à l'autre. Mais lorsque le critère est aussi précis que l'erreur zéro « sans défaut » ou « faites les choses correctement du premier coup » alors les gens apprennent à prévenir les problèmes.

d- La mesure de la qualité c'est le prix de la non conformité. Le meilleur moyen pour mesurer la qualité comme pour tout le reste, c'est l'argent.

La mesure de la qualité, ce ne sont pas des indices, selon CROSBY, mais le prix de la non conformité.

Faut t-il mesurer l'impact financier pour se convaincre que la qualité est nécessaire ? CROSBY ***(Crosby, 79)*** apporte une réponse pleine d'humeur et de bon sens.

Partant de la définition du coût de la qualité (la somme des coûts de prévention, d'évaluation et des échecs), il observe que plus une entreprise progresse en maturité, en compétence, en qualité, plus sa perception de sa non qualité est précise.

Ainsi, au niveau du défaut (incertitude), les coûts de non qualité dépassaient en général 20% du chiffre d'affaires, alors qu'au niveau de maîtrise (certitude), il en resterait encore au moins 3%.

Crosby préconise de chiffrer le COQ au niveau de toute l'entreprise et de dégager le plan d'amélioration de la qualité, dont le suivi de la mise en œuvre est réalisé par la direction qualité.

1.3.2.4 Guide AFCIQ – 1981 :

En 1981, l'AFCIQ (Association Française pour le Contrôle Industriel de la Qualité) publiait le résultat des travaux d'un groupe de travail interprofessionnel sous la forme d'un guide d'évaluation des coûts relatifs à la qualité.

Dans ce guide, il est dit « qu'une bonne gestion de la qualité est aussi l'optimalité des dépenses relatives à la qualité »

L'optimisation est la résultante directe de la réduction des coûts en tenant compte des contraintes de charges valorisantes en prévention et à la détection

La recherche de l'optimisation dépend :

- De l'efficacité des actions engagées en prévention et en évaluation, en termes de réduction des coûts de défaillances internes et externes.

- De la définition du taux de conformité acceptable, ou d'autres paramètres de contrôle comme la qualité du premier coup.

Ainsi les guides pratiqués (ou grilles) d'évaluation du COQ véhiculent deux idées importantes :

- La première concerne la vulgarisation de l'outil informationnel au sein des entreprises ainsi que les modalités pratiques pour l'établir,

- La seconde porte sur l'intérêt du COQ en tant qu'outil de contrôle

Dés 1982, le Ministère de l'industrie lance la première campagne d'actions de conseil subventionnées : les diagnostic d'efficacité des PME/PMI. Le cahier des charges définissant ces interventions stipulait qu'une évaluation des coûts d'obtention de la qualité devrait être jointe au rapport du consultant.

1.3.2.5 Norme X 50 126 - 86 :

Cette norme qui est apparue en 1986, sous le titre « Guide d'évaluation des coûts résultant de la non qualité » constitue un guide à l'usage des entreprises. Il a pour but de permettre une évaluation rapide et simplifiée des coûts de la non qualité et ainsi de mettre à la disposition du management des informations lui permettant d'entreprendre ou d'intensifier des actions en vue d'améliorer l'efficacité globale de son entreprise.

La norme propose une classification des coûts résultants de la non qualité en quatre rubriques :

- Coût des anomalies internes,
- Coût des anomalies externes,

- Coût de détection,
- Coût de prévention.

1.3.2.6 Référentiel EAQF - 94 :

Conscients des enjeux du COQ pour la réduction des coûts de revient, les constructeurs de l'automobile exigent auprès de leurs équipementiers la mise en place dans le cadre du référentiel EAQF, des dispositifs relatifs à la gestion du COQ.

Ainsi le COQ est devenu un critère d'évaluation dans le cadre de leurs audits.

1.3.2.7 Référentiel ISO /TR 10014 - 98 :

En 1998, une norme relative aux lignes directrices pour le management des effets économiques de la qualité est éditée.

Cette norme propose pour accroître la valeur ajoutée et réduire les coûts une méthode en 8 étapes :

- Identifier les processus,
- Identifier les activités de processus,
- Surveiller les coûts,
- Etablir un rapport sur les coûts de processus,
- Revue de direction,
- Identifier les possibilités d'amélioration,
- Conduire l'analyse coûts/bénéfices,
- Planifier et mettre en œuvre l'amélioration

1.3.2.8 Accord Afnor AC X50-182 - 2004 :

Cet accord présente un recueil de recommandations et de bonnes pratiques issues d'expériences en matière d'approche économique de la qualité vécues dans des organismes.

Il présente trois approches d'évaluation de l'impact économique de la qualité :

- Le coût d'obtention de la qualité (COQ),
- Les coûts de non contribution,
- Les indicateurs économiques.

Pour chacune de ces trois approches, cet accord propose une méthode en six étapes :

- Structuration démarche et préparation,
- Collecte des données,
- Traitement des données,
- Publication, information et communication,
- Analyse et définition des actions,
- Pilotage des actions

1.3.2.9 Synthèse de l'état de l'art :

Période	Etape d'évolution du COQ
1950 – 1960	- FEIGNBAUM a développé le COQ – concept de l'usine fantôme (40 % de pertes) - JURAN recommande d'utiliser le COQ comme outil de communication entre les cadres supérieurs (langage de l'argent)
1960 - 1970	- Développement du COQ par l'association américaine pour la qualité (ASQ) - Elle décompose le COQ en quatre catégories : prévention, évaluation, défaillances internes, défaillances externes. - Le COQ est utilisé comme argument pour justifier les investissements en prévention et évaluation.
1970 – 1980	- Développement d'un système du COQ par CROSBY (procédure de comptabilité analytique) - Deux conceptions différentes du COQ : . CROSBY – FEIGENBAUM : estimation exhaustive du COQ au niveau de l'entreprise . DEMING – JURAN – ISHIKAWA : stratégies prioritaires (projet par projet)
1980 – 1990	- L'AFCIQ (Association Française pour le Contrôle Industriel et la Qualité) publie un guide d'évaluation des coûts relatifs à la qualité avec une grille d'analyse - Lancement par le ministère de l'industrie d'une campagne de diagnostic des PME/PMI - Edition par AFNOR de la première norme sur le COQ : norme X 50-126, guide d'évaluation des coûts résultant de la non qualité (1986)
1990 – 2000	- Référentiel EAQF (secteur automobile) , mise en place des dispositions relatives à la gestion du COQ (1994), - Edition par AFNOR d'une deuxième norme : X 50 – 180 – 1, défauts de contribution du compte d'exploitation pour l'industrie et les services (identification de la réserve cachée liée à la non qualité de travail) – (1994) - Norme ISO 9004-4 : Amélioration de la qualité (1994) - ISO / TR 10014 : rapport technique, lignes directrices pour le management des effets économiques de la qualité (1998)
2000 - 2006	- Série des normes ISO 9000 version 2000 - Accord AFNOR AC X 50 – 182 : Approches économiques de la qualité, bonnes pratiques et retours d'expériences.

Evolution TQM et COQ

Phase	Production	TQM	COQ
Années 50	Production de masse – marché acheteur	Contrôle à la fin du processus (Age du tri)	Coûts de défaillances
Années 60	Production de masse – marché acheteur	Intégration outils statistiques (MSP)- Contrôle de la qualité	Coûts d'évaluation
Années 70-80	Concurrence de plus en plus agressive - Client Roi	Assurance qualité	Coûts de prévention
Années 90-2000	Saturation des marchés (Performance, prix)	Qualité totale _ Prix de la qualité	Coûts de prévention dés la conception

1.4 Problématique de recherche

1.4.1 Deux conceptions du COQ :

Pour l'évaluation du COQ en vue de conduire une stratégie d'amélioration, on a pu dégager à travers l'analyse de l'état de l'art, essentiellement, deux conceptions.

1.4.1.1 Première conception : Crosby, Feigenbaum

Ils proposent d'estimer avec précision les coûts de la prévention et les coûts de non qualité au niveau de la société, puis en déduire des programmes d'amélioration de la qualité au niveau des produits, des services et des processus.
L'efficacité de ces programmes étant contrôlée par le reporting du coût de la qualité. Le périmètre dans ce cadre étant toute l'entreprise.

1.4.1.2 Deuxième conception : Deming, Juran, Ishikawa

Cette conception qui prône l'amélioration continue consiste à définir des stratégies prioritaires à partir des informations qui proviennent des processus et des clients, puis à se servir de l'analyse des coûts de non qualité comme d'un outil à l'intérieur de chaque programme d'amélioration de la qualité ou de réduction des coûts.

1.4.1.3 Causes d'échec des programmes COQ (première conception)

Beaucoup de programmes lancés sur la base de la première conception ont échoué en raison des difficultés suivantes ***(Juran, 1983)*** :

-Seulement une publication :

Des entreprises ont préparé les chiffres concernant les coûts de la qualité et les ont publiés sous forme d'un tableau de résultats, en ayant l'espoir que les chiffres publiés inciteraient les responsables à agir en vue de réduire les coûts. Cependant, il n'y a pas eu d'effet parce que l'entreprise ne disposait pas d'approche planifiée qui assure l'amélioration.

- L'invitation à présenter des chiffres valables pour l'ensemble de la société :

Dans les sociétés comportant plusieurs usines ou plusieurs divisions, il est courant que les partisans d'un programme des coûts de la qualité demandent instamment que le programme soit appliqué à l'ensemble de la société. Dans une société il a fallut trois ans pour rassembler les chiffres des 12 divisions. Pendant ce temps, les coûts qualité pour l'ensemble de la société n'ont pas changé.

- Perfectionnisme dans les chiffres :

Certaines sociétés ont commis l'erreur de chercher la perfection dans les chiffres de la qualité. Il en résulte un long retard dans la publication des résultats. Enfin ce qui aggrave les choses, les discussions tournent surtout autour des coûts de la prévention. Or ceux ci ne représentent qu'une faible part des coûts de la qualité, généralement 1 à 5%. C'est ainsi, qu'une part inférieure à 5% retarde l'action sur 95% des coûts

Les dirigeants observent le déroulement du programme, voient passer les mois, voient partir l'argent, sans traces des résultats. Si cela se prolonge pendant un temps appréciable, ceux qui avaient mis en doute la nécessité d'un programme de coûts de la qualité peuvent mettre à profit ce retard pour démontrer la futilité de cette action.

- Programme personnalisé :

Dans certaines sociétés, le programme des coûts de la qualité est étroitement lié au nom d'une personne qui en est l'ardent partisan. Cette personne a vendu son programme non à ses pairs, mais à la direction. Le programme est personnalisé. Cette approche n'est pas bonne. En effet, pour qu'un programme puisse produire des résultats, tous les pairs doivent y collaborer activement.

D'autres dysfonctionnements ont été observés par des consultants au sein des entreprises qui ont appliqué un programme de gestion du C.O.Q

- Le système était global, et géré par le contrôleur de gestion. Il ne permettait qu'un affichage mensuel du ratio (global pour l'usine) COQ / chiffre d'affaires. Ainsi, aucun opérateur, aucun agent de maîtrise, aucun cadre ne pouvait évaluer quelle pouvait être sa contribution à l'évolution de ce ratio,

- Le système avait été bâti de manière si complète que l'unique personne chargée de centraliser les données s'est rapidement trouvée submergée de fiches, listings etc.…provenant de tous les secteurs de l'usine. Rapidement, elle dut renoncer à en assurer le traitement, et ne diffuse aucun résultat,

- Le système a été mis en place à la hâte, sans réellement d'explications claires. Ainsi si certains fournissaient, très consciencieusement, des données très détaillées, d'autres se contentaient de calculs simplistes, peu représentatifs de la réalité.

- Beaucoup de sociétés n'ont pas complètement réfléchi au problème, n'ont pas répondu à la question qu'allons nous obtenir de tout cet effort. C'est cette absence de réflexion qui explique le taux élevé de mortalité de ces programmes.

En outre nous signalons ci – après quelques limites de la méthode COQ :

- Les COQ par fonctions ne sont pas additifs, en effet il serait commode d'établir les COQ par grandes fonctions et de les additionner ensuite. Néanmoins les choses ne sont pas si simples que ça : si chaque fonction arrive à identifier les rubriques prévention, évaluation, défaillances internes, il n'est pas aisé en raison de l'existence de relations inter fonctionnelles, d'identifier les défaillances externes. Elles se trouvent en aval et souvent, dans plusieurs autres fonctions qui, incapables d'identifier leur provenance, les attribuent à telle ou telle autre fonction et éventuellement les prennent en compte.

- Les COQ, par produits ne sont pas additifs, en effet, étant donné que les produits ont un cycle de vie de plus en plus court et qu'ils traversent plusieurs stades au sein de celui – ci, la référence au temps T= T0 du calcul n'est pas comparable avec le COQ obtenu à une autre période.

S'il apparaît que cette méthode est satisfaisante sur le plan théorique, il faut également prendre en compte une certaine inertie dans la mesure ou elle est longue à mettre en place (nécessité de collecte des informations, traitement et éventuellement développement d'un logiciel spécifique,…). En outre la mise en œuvre de la méthode au sein des fonctions de toute l'entreprise nécessite plusieurs groupes de travail et de réflexion, ce qui risque paradoxalement d'être un frein à la productivité.

D'autre part la méthode COQ est rejetée parfois par les responsables, arguant qu'elle est venue se superposer à une structure existante de rapports et de documents de toutes sortes (opérationnels, financiers et budgétaires), elle représentait ainsi un document de plus à manipuler, gérer, suivre et interpréter.

Concernant les acteurs opérationnels dans les ateliers, ils s'apercevaient que les chiffres ne leur apprenaient rien par rapport à ce qu'ils savaient déjà.

Une autre limite est liée à la nature des indicateurs et au fait que les décisions selon les opérationnels étaient prises ailleurs. En effet ces deniers supposés suivre les indicateurs sont déçus car ils manipulent des donnés sur lesquels ils ne pouvaient pas agir.

1.4.1.4 Limites du COQ (deuxième conception)

La deuxième conception, bien que sa mise en œuvre semble plus simple, présente les limites suivantes :

- Se focalise sur le produit,
- Peu d'informations sur le fonctionnement interne de chaque processus,
- S'oriente essentiellement sur l'aval des processus (qualité des produits), d'où sa faible réactivité,
- Se focalise sur des problèmes séparés et non pas des processus intégrés.

1.4.2 Problématique de recherche :

Il a été souligné dans les paragraphes précédents que le coût d'obtention de la qualité (COQ) représente l'ensemble des dépenses visant à éviter, à détecter ou à traiter la non qualité. Ce coût peut atteindre selon le niveau d'implication des entreprises dans la démarche qualité 10 à 30 % du C.A. Les coûts de non qualité (dus aux défaillances internes et externes) représentent entre 50 à 70 % du COQ.

La maîtrise de ces coûts passe inévitablement par leur mesure. Ainsi il est nécessaire de concevoir un outil de mesure pour estimer les coûts de non qualité car le système comptable normal n'est pas adapté.

Durant les années 70, les entreprises se sont servies du concept COQ principalement pour mesurer les coûts de fabrication et de garantie. Toutefois aujourd'hui, les entreprises ont réalisé qu'aucun de leurs processus n'est à l'abri des erreurs. Le COQ était orienté vers l'aval des processus, d'où sa faible réactivité. Le temps écoulé est trop long entre le moment où on constate les dépenses liées aux corrections des défaillances et le moment où on apprécie les effets liés aux actions d'améliorations.

Si dans les années 80, le concept du COQ a été utilisé pour contrôler que les investissements en matière de démarche qualité se traduisaient bien par une réduction des coûts de défaillances, aujourd'hui, le temps n'est plus ou il fallait démontrer la légitimité et le bien

fondé des démarches qualité. La question consistant bien davantage, à entreprendre, au sein des processus une démarche globale d'amélioration.

C'est pourquoi, nous estimons, aujourd'hui, qu'il devient indispensable d'orienter le concept COQ, vers l'amélioration et la performance des processus.

Ainsi, nous formulons notre problématique comme suit :

Comment adapter la méthode COQ à l'approche processus pour en faire un outil de mesure et de pilotage du processus, et ce dans le but de :

- Réduire les coûts de non qualité par l'introduction d'actions d'améliorations,
- Mesurer l'efficience de ces actions.

Nous estimons que le COQ doit être :

- Focalisé sur la mesure de l'efficacité du processus et non pas uniquement sur la conformité du produit,
- Orienté vers le pilotage continu du processus et non pas sur l'aval du processus,
- Centré sur l'amélioration continue du processus.

1.5 Pilotage et management des processus

Introduction:

Il convient avant de commencer, de convenir de la signification de certains termes concernant les processus : catégorie des processus, cartographie, pilotage, indicateurs de performances, ...

1.5.1 Que recouvre le terme processus :

Tous les organismes répondent à la définition des processus. Ils produisent par leurs activités des objets ou des services à partir d'éléments matériels ou immatériels.

La production de biens ou de services est le but de toute entreprise et de toute entité qui travaille ou qui œuvre dans une finalité définie. Une association, un commerce, une administration, une entreprise artisanale, une agence de publicité, tous ces organismes sont autant des processus de production. Ils produisent et vendent des objets matériels (montres, automobiles) ou des biens immatériels (services, conseil, surveillance, formation,…)

Un processus, c'est d'abord un ensemble de ressources qui attendent un déclencheur d'activités. Ces ressources sont de deux grandes catégories. Il y a les ressources matérielles comme les infrastructures, les machines, les outillages, les logiciels, etc., et les ressources humaines. Imaginons un endroit ou il y a des machines et des personnes qui attendent. Ce n'est pas encore un processus car tout est immobile. Un client arrive, et tout d'un coup, ces machines et ces personnes se mettent à travailler pour réaliser ce qui a été demandé. Cet ensemble de ressources utilise de l'énergie, des matériaux et doit travailler jusqu' à ce que le produit demandé soit terminé et livré au client. Nous avons affaire à un processus.

Toute activité peut être considérée comme un processus dés l'instant ou cette activité est utile c'est-à-dire qu'elle est exercée en vue d'aboutir a un résultat.

1.5.2 Comment la norme ISO 9001 aborde t- elle la notion de processus :

La norme ISO 9001 a largement contribué a promouvoir la nécessite d'une approche processus.

Par exemple : chapitre 0.2 « Approche processus. Lorsqu'elle est utilisée dans un système de management de la qualité, cette approche souligne l'importance de considérer les processus

en terme de valeur ajoutée, de mesurer la performance et l'efficacité des processus, d'améliorer en permanence les processus sur la base de mesures objectives, …. »

Par exemple : chapitre 4.1, « Exigences générales. L'organisme doit identifier les processus nécessaires au système de management de la qualité, déterminer les séquences et les interactions de ces processus, surveiller, mesurer et analyser ces processus, …. »

Autrement dit, en plus de l'intérêt naturel de s'intéresser au management des processus, il y a obligation de faire cette démarche pour tous ceux qui postulent pour une certification ISO 9001.

La norme ISO 9000, définit un processus comme suit :

« Un processus est un ensemble de ressources et d'activités liées qui transforment des éléments entrants en éléments sortants. »

1.5.3 Les types, classes et catégories de processus :

On trouve dans la littérature plusieurs classifications des processus. Périgord **(Perigord, 96),** distingue deux grandes catégories :

- Processus principaux : qui constituent le fondement de l'entreprise (Commercial, ingénierie, production, etc.)
- Processus simples : qui représentent la déclinaison des précédents. Leur amélioration est à la portée des équipes et leur management

Une autre classification est définie par **Stora et Montaigne (Stora et Montaigne, 86):**

- Type A : processus répétitif (type production)
- Type B : produit non répétitif mais méthodologie fixe (type administratif, exemple une facture),
- Type C : produit non répétitif, aucune méthode fixe (Recherche et développement, processus de création, etc.).

Mais la classification la plus connue et la plus utilisée est celle définit par la norme FDX 50 – 176 « management des processus ». Trois catégories sont définies :

- Première catégorie : Ce sont les activités métier qui conduisent a réaliser les prestations attendues par le client, par exemple la production et la vente.

- Deuxième catégorie : Les activités connexes que nous pouvons appeler de services, car leur finalité est d'aider les activités métiers à maintenir et améliorer leurs performances, nous y trouverons par exemple les ressources humaines, la qualité ou la comptabilité.

- Troisième catégorie : Au dessus de ces deux catégories il y a le management, appelée souvent, « processus de pilotage ».

1.5.4 Les quatre niveaux de processus :

Niveau 1 : macro processus, C'est le niveau le plus élevé concernant le fonctionnement global de l'entreprise. Il est constitué d'un enchaînement de processus élémentaires. Dans le cas de la catégorie « processus de réalisation », ces processus élémentaires transforment la demande d'un client en un produit.

Niveau 2 : processus élémentaire. C'est un enchaînement de sous processus qui concourent à la réalisation d'un produit ou d'un service.

Niveau 3 : Sous processus. C'est un enchaînement de taches

Niveau 4 : Tache. C'est un enchaînement d'opérations.

(Frecher et al, 2003)

1.5.5 Cartographie des processus :

Définition :

Une cartographie est un plan qui permet d'identifier les processus et les interfaces afin de montrer les liens entre les données d'entrées et les données de sortie.

Pourquoi une cartographie des processus

Elle permet de connaître et de comprendre le fonctionnement global du processus, car elle fait apparaître les principales activités influentes et définit les liens entre elles. C'est pour cette raison qu'elle est considérée comme la première étape de la mise en œuvre d'un management des processus.

Tout management de processus aura donc pour fondement une cartographie

Cartographie des niveaux 1 et 2 :

- Cartographie de niveau 1 d'une entreprise : Elle représente l'interaction entre trois macro processus :

  - Le(s) macro processus de réalisation, qui représente (nt) la finalité de l'entreprise vis-à-vis de ses clients,
  - Le macro processus de pilotage, qui représente le management de l'entreprise,
  - Le macro processus support, qui représente les fonctions supports.

- Cartographie de niveau 2 des processus de pilotage : Les processus de pilotage ou de management ont pour rôle d'assurer le fonctionnement des processus de réalisation et de support ainsi que d'analyser les informations venant du marchés et des clients dans le but de déterminer les orientations générales et les actions d'amélioration, selon les trois niveaux suivants :

- Le traitement des dysfonctionnements : Il s'agit de détecter et de traiter au fil de l'eau, par les opérateurs, toutes les anomalies qui se présentent et de déclencher les actions qui permettent de réparer ces anomalies.
- La supervision opérationnelle : Il s'agit de collecter et d'analyser les informations concernant le fonctionnement des processus et sous processus et de déclencher les actions d'amélioration,
- Le pilotage stratégique : Il s'agit d'adapter les moyens, l'organisation de l'entreprise aux besoins de son marché et des ses clients. Pour une entreprise certifiée ISO 9001, généralement deux processus de pilotage se rajoutent : les audits internes et un processus écoute/satisfaction client.

1.5.6 La mesure, caractéristique fondamentale d'un processus et de son pilotage :

Les indicateurs de performance s'inscrivent dans une philosophie d'amélioration continue telle qu'elle a été introduite par Deming ***[Deming, 82].***

La roue de Deming se base en effet sur l'exécution répétitive des principes suivants : planifier, exécuter, vérifier et réagir.

Les indicateurs vérifient l'adéquation de la mesure des résultats atteints aux objectifs espérés. De ce fait la mesure est certes une condition sine qua non à l'évaluation de la performance. Elle n'en est pas un aboutissement pour autant : on ne mesure pas pour mesurer mais pour vérifier (évaluer). Cette vérification n'est pas non plus une fin en soi mais seulement une aide à la réaction c'est-à-dire au pilotage. C'est donc le pilotage qui met en avant l'intérêt de la mesure et de l'évaluation et par conséquent celui de l'indicateur. Ceci nous conduit à considérer tout d'abord la notion de pilotage avant celle de l'indicateur.

L'importance de la mesure a été fortement soulignée dans la norme ISO 9001 : 2000. Nous présentons ci – après un résumé des exigences de mesures mentionnées dans cette norme.

- Mesures transverses : Les objectifs qualité doivent être mesurables et cohérents avec la politique qualité (ISO 9001, § 5.4.1). L'organisme doit améliorer en permanence l'efficacité du système de management de la qualité (SMQ) en utilisant la politique qualité, les objectifs qualité …, l'analyse des données (ISO 9004, § 8.5.1).
- Mesures processus : L'organisme doit utiliser des méthodes appropriées pour la surveillance et lorsqu'elle est applicable, la mesure des processus du SMQ (ISO 9001, §8.2.3). L'analyse des données doit fournir des informations sur les caractéristiques et les évolutions des processus (ISO 9003, §8.4.c).
- Mesures de la satisfaction client : l'organisation doit surveiller les informations relatives à la perception du client sur le niveau des satisfaction de ses exigences

comme une des mesure de la performance du SMQ (ISO 9001, §8.2.1). L'analyse des données doit fournir des informations sur la satisfaction du client (ISO 9003, §8.4.a).

- Mesures produit : l'organisme doit surveiller et mesurer les caractéristiques du produit (ISO 9001, § 8.2.4). L'analyse des données doit fournir des informations sur les caractéristiques et les évolutions des produits (ISO 9003, § 8.4.c).
- Mesures relatives aux fournisseurs : l'organisme doit évaluer et sélectionner les fournisseurs en fonction de leur aptitude à fournir un produit conforme. Les critères de sélection, d'évaluation et de réévaluation doivent être établis (ISO 9001, §7.4.1).
- Mesures de l'efficacité des formations : l'organisme doit évaluer l'efficacité des actions entreprises (ISO 9001, § 6.2.2.c).

La mesure d'un processus va s'appliquer à plusieurs niveaux :

- aux contrôles de la conformité des entrée et sorties de processus,
- à la supervision de la performance du processus. Il s'agit de superviser que le processus est capable, de façon durable d'obtenir des résultats conformes aux exigences

Cette supervision se basera en grande partie sur l'analyse de résultats de contrôles mais peut inclure aussi des notions de coûts ou de productivité de processus. Pour cela on définira pour chaque processus des indicateurs inhérents aux objectifs. La mesure de l'écart entre le niveau actuel d'un indicateur et son niveau cible ou objectif est une des entrées principales de la boucle d'amélioration du processus.

Si la supervision d'un processus intègre les coûts et mesure donc les ressources consommés pour atteindre l'efficacité, elle mesure également l'efficience du processus, c'est-à-dire sa capacité à être efficace au moindre coût.

Pour mettre sous contrôle la performance d'un processus, il faut disposer d'une base de référence qui est l'objectif. Les domaines de performance peuvent concerner : la satisfaction des clients, la qualité des produits, les coûts, les délais, etc.

Pour matérialiser ces mesures, il est nécessaire de choisir des indicateurs appropriés.

1.5.7 Que recouvre le mot indicateur :

Le mot indicateur est défini comme étant « un événement observé, prélevé, déterminé par le calcul, permettant d'identifier qualitativement ou quantitativement une amélioration positive ou négative du comportement d'un processus » ***[Perigord, 93].***

Une autre définition indique que : « un indicateur est la résultante d'un petit nombre d'informations qui ont la propriété d'être particulièrement signifiantes par rapport aux objectifs stratégiques de l'entreprise, d'être régulièrement mises à jour et analysées

[Saval,89]. Cette définition met en relief la notion de stratégie qui sous entend une démarche de mise en place des indicateurs.

Une définition plus complète est proposée par une commission de l'AFGI (Association Française de Gestion Industrielle) (AFGI, 1997) et homologuée par l'AFNOR : « Un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité et/ou l'efficience de tout ou partie d'un processus ou d'un système (réel ou simulé), par rapport à une norme, un plan ou un objectif, déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise ».

Les différents types d'indicateurs :
D.NOYE distingue trois indicateurs pour un processus ***[Noye, 2002]*** :
- Indicateur de résultat ou de sortie (délai, quantité, etc.),
- indicateur de processus : des indicateurs de processus sont mis en place sur les points faibles en rapport avec l'obtention du résultat final,
- Indicateur d'entrée : Ils mesurent la conformité aux exigences pour ce qui entre dans le processus. Ils permettent de repérer au plus tôt des sources de non qualité.

1.5.8 Carte d'identité d'un processus :

Pour compléter la cartographie il est utile de caractériser chaque processus identifié par les éléments suivants : intitulé, finalité, principaux données de sortie, indicateurs, objectifs et propriétaire.

1.5.9 L'amélioration continue et processus :

Pour mesurer l'efficacité d'un processus, il est essentiel de comprendre comment déterminer sa performance et ses sorties. Ceci signifie de mettre l'accent sur les entrées, comprendre les différents flux du processus pour éliminer ou réduire les non conformités. La qualité totale dans l'organisation insiste que chacun doit avoir la détermination de procéder à des améliorations en utilisant ces connaissances sur le processus, en se basant sur les informations recueillies et en utilisant des méthodes statistiques appropriées pour l'analyse et enfin la mise en place d'actions de correction.
L'amélioration continue des processus est orientée par une méthode d'identification des problèmes et obtenue par des actions au niveau des causes profondes. Elle vise l'élimination des non conformités (gaspillages) puisque c'est le seul moyen d'obtenir des bénéfices dans des marchés saturés et des économies à croissance faible.

1.5.10 Indicateurs de processus et indicateurs de résultats :

Par définition un indicateur de résultat arrive trop tard pour l'action, puisqu'il permet de constater que l'on a atteint ou non les objectifs.

En revanche un indicateur de processus permet, lui de voir « ce qui se passe » ; c'est un indicateur explicatif du précèdent et par conséquent il fournit un gisement d'actions anticipatives.

1.5.11 Coût de non qualité : indicateur pour l'action

A coté des indicateurs de résultats on a besoin d'indicateurs de processus qui informent sur le fonctionnement des processus. Ces indicateurs permettent d'avoir une vision des évolutions tendancielles ainsi que d'une capacité d'anticipation et de réaction. Or pour chercher ces indicateurs (variables d'actions), il s'agira de remonter la chaîne de causalité des coûts et des performances.

Le coût de non qualité du processus est calculé localement. Il doit être défini par les personnes qui les utilisent en fonction de leurs besoins. Ce coût de non qualité sert essentiellement à identifier et à évaluer les gisements de progrès. Il sert à définir les priorités et à quantifier les enjeux. Il permet de mesurer le progrès de l'unité en question (et non pas de l'entreprise dans son ensemble) et doit être considéré comme un outil pour l'action.

1.5.12 Indicateurs d'efficacité des processus :

Les indicateurs de performance de processus permettent de vérifier qu'un processus répond bien à ses finalités. Il 'agit de déterminer pour chaque finalité les sous processus ou activités, qui présentent le plus de risque sur les coûts par exemple. Pour chacun de ces sous processus identifiés comme essentiels, il sera choisi un indicateur pertinent. Ce dernier, permettra de suivre au mieux la réalisation du sous processus concernée.

1.6 Hypothèses de recherche

1.6.1 De la nécessité d'orienter le COQ vers les processus :

La prise de conscience concernant les enjeux économiques se généralise. La non qualité coûte cher. Concevoir et fabriquer des produits conformes, et éliminer les non conformités partout où elles existent, dans les produits, les processus et les organisations permet d'augmenter la valeur des produits et d'en réduire les coûts.

En effet si la méthode COQ était utilisée notamment comme un outil de reporting destiné à la direction, aujourd'hui, nous pensons qu'elle doit être utilisée comme outil d'action et d'améliorations locales à travers des indicateurs de processus.

Le concept COQ était considéré comme une approche qui informe principalement sur des résultats, sans entrer dans les détails du processus industriel, ni indiquer sur quoi l'entreprise devrait agir, c'est-à-dire sans déterminer les variables d'action. Les coûts ne sont généralement que la traduction comptable des comportements ou des phénomènes physiques.

Par ailleurs, comme il existe un décalage dans le temps entre la cause et l'effet (le résultat ou le constat de performance), il s'agit de commencer l'analyse le plus en amont possible, c'est-à-dire au plus prés du processus.

Dans la perspective opérationnelle, l'enjeu est de piloter les activités au plus prés du processus physique. Il ne faut pas privilégier les indicateurs techniques liés à la qualité, maintenance, production, etc.…, mais nous estimons que les indicateurs économiques (coûts de non qualité) sont également à suivre pour le pilotage intégré du processus.

1.6.2 Hypothèses :

Première hypothèse : Il est possible d'identifier dans l'ensemble de la cartographie des processus, ceux pour lesquels la méthodologie COQ est pertinente.

Deuxième hypothèse : Pour les processus pertinents, il est possible d'adapter la démarche COQ.

Deuxième Partie

CARACTERISATION D'UNE DEMARCHE DE PILOTAGE DES PROCESSUS PAR LES COUTS DE NON QUALITE ET EXPERIMENTATION

2.1 Etudes des méthodes COQ et choix d'un premier modèle

Introduction

Avant de dégager un premier modèle qui sera expérimenté sur un terrain industriel nous avons étudié les principales méthodes ayant traité la question de mesure des coûts d'obtention et d'amélioration continue de la qualité. Le choix de ce premier modèle doit répondre aux nouveaux enjeux du COQ en cohérence vis-à-vis de la problématique et des hypothèses.

2.1.1 Principales méthodes COQ et d'amélioration continue de la qualité :

A - Programme d'amélioration de la qualité en 14 étapes *[Crosby, 79]*

Etape 1 - L'engagement de la direction et de l'encadrement
Etape 2- Le groupe d'amélioration de la qualité
Etape 3 - La mesure de la qualité
Etape 4 - Le coût de la qualité
Etape 5 - La découverte de la qualité (prise de conscience de la qualité)
Etape 6 - Les actions correctives
Etape 7 - La préparation de l'erreur zéro (planification zéro défaut)
Etape 8 - La formation des collaborateurs,
Etape 9 - La journée de l'erreur zéro,
Etape 10 - finition des objectifs,
Etape 11 - élimination des causes d'erreur,
Etape 12 - reconnaissance,
Etape 13 - Les conseils de la qualité,
Etape 14 - Poursuite permanente de la qualité

Il est à noter que la méthode n'est pas chronologique. Les 14 étapes ne doivent pas être parcourus l'une après l'autre. Les groupes parcourent généralement plusieurs en même temps. L'éducation à la qualité par exemple est un processus continu. Les six premières étapes sont parcourues par les seuls cadres dirigeants et doivent être abordées en premier lieu.
Etapes 1 à 6 : c'est la voie montrée par l'encadrement
Etapes 7 à 9 : c'est l'engagement de tout le personnel
Etapes 10 à 13 : l'interaction entre les deux flux précédents

Etape 14 : Retour à l'étape 1

B - Méthode pour réaliser un projet annuel d'amélioration *[Juran, 83]*

Etape 1 : Formuler la politique qualité

Etape 2 : Estimer les dimensions les plus importantes de la qualité

Etape 3 : Etablir un système projet

Etape 4 : Etablir les responsabilités pour mener à bien les projets,

Etape 5 : Identifier les besoins de formation

Etape 6 : Identifier ceux qui doivent être formés

Etape 7 : Programmer la formation

Etape 8 : Déterminer les appuis pour les équipes

Etape 9 : Assurer la coordination,

Etape 10 : Etablir de nouvelles mesures

Etape 11 : Revoir les critères de performance

Etape 12 : Concevoir un plan de communication

Etape 13 : Actions recommandées à la direction générale

C - PDCA en 6 étapes *[Deming, 82]*

Etape 1 – Focaliser,

Etape 2 – Analyser,

Etape 3 – Elaborer le plan d'actions,

Etape 4 – Réaliser les actions retenues,

Etape 5 – Vérifier les résultats,

Etape 6 – Consolider et recommencer

D - Les cinq étapes d'amélioration de processus *[Harrington, 89]*

Etape 1 – Préparation de l'amélioration,

Etape 2 – Compréhension des processus,

Etape 3 – Identification des opportunités d'amélioration,

Etape 4 - Mesures et contrôles (mesure des coûts de non qualité)

Etape 5 – Amélioration continue

E - Démarche d'amélioration de processus *[Noye, 2002]*

Phase 1 – Lancer le projet

Phase 2 – Caractériser le processus

Phase 3 – Repérer les attentes des clients,

Phase 4 – Analyser le processus actuel

Phase 5 – Définir le processus cible,

Phase 6 – Mettre en œuvre,

Phase 7 – Evaluer – consolider

F - Stratégie d'amélioration de la qualité en 5 étapes *[Périgord, 90]*

Etape 1 - Sensibiliser et engager la direction

- Evaluer la situation, forces et faiblesses
- Comprendre le TQM
- Mener un pré diagnostic (choisir un secteur ou une fonction de l'entreprise pour y mener un pré diagnostic rapide)
- Installer le comité qualité et le sensibiliser,
- La charte : définir les premières orientations et jeter les bases d'un projet d'entreprise pour la qualité totale.

Etape 2 – Analyser et faire l'état des lieux

- Former le comité qualité (effectuer une formation en cascade)
- Informer et mobiliser le personnel,
- Définir les acteurs : services, fonctions, unités, …,
- Mettre au point le système de mesure de la qualité et de son coût d'obtention,
- Mesure du COQ. Informer et préparer les principaux acteurs du diagnostic sur la mesure du COQ,
- Conduire l'analyse de la situation et effectuer l'état des lieux,
- Mesurer les enjeux. Déterminer les priorités avec des paretos par établissement, par unité, par fonction, par service,

- Déterminer les actions correctives. Il n'est pas possible de gagner tout, tout de suite. Un choix s'imposera pour les actions correctives à mener.

Etape 3 – Organiser et mettre en œuvre au point la stratégie et le plan d'amélioration de la qualité

- Préciser et expliciter le projet d'entreprise pour la qualité totale,
- Mettre en place une structure d'amélioration de la qualité, attribuer et engager les moyens nécessaires,
- Organiser et mettre au point les formations à la qualité pour tous les niveaux et dérouler le plan de formation
- Mettre en œuvre les premières actions correctives,
- Préparer le système de valorisation des résultats et de reconnaissance des personnes,
- Mettre au point le plan de communication et d'information sur le plan d'amélioration de la qualité,

Etape 4 - Mettre en œuvre le plan d'amélioration de la qualité
Etape 5 – Evaluer et recommencer

G - Démarche d'évaluation des coûts de non qualité *[Hermel, 93]*

Les coûts de non qualité sont issus des conséquences d'un dysfonctionnement de qualité. Ces conséquences peuvent être multiples et se rapportent généralement aux : rebuts, retouches, déclassements, préjudice commercial, etc.
La phase de repérage et d'identification des conséquences des défauts de qualité est donc essentielle pour réaliser une évaluation fine des coûts de non qualité. Elle est nécessaire aux quatre autres étapes présentées ci-dessous.

Etape 1 : Repérage des conséquences des défauts par des entretiens, observations, etc.
Etape 2 : Recueil des données d'activité (fiches d'activité internes, lettres de réclamation, etc.)
Etape 3 : Recueil des données financières, notamment : coûts de revient de production, taux horaires salariaux, autres charges, etc.
Etape 4 : Interprétation et évaluation financière
Etape 5 : Analyse des possibilités de réduction des coûts

Méthodes développées par des groupes industriels

H - Démarche en 10 étapes (Entreprise A)

Etape 1 – Sensibilisation à la notion COQ et à ses enjeux,

Etape 2 – Constitution et formation du groupe de pilotage COQ,

Etape 3 – Définition de la structure COQ et détermination des indicateurs,

Etape 4 – Validation des indicateurs par une recherche d'informations,

Etape 5 – Rédaction des feuilles d'indicateurs,

Etape 6 – Construction des tableaux de bord de synthèse,

Etape 7 – Analyse des résultats,

Etape 8 – Plan d'actions,

Etape 9 – Mise en place des groupes d'action

Etape 10 – Suivi régulier des tableaux de bord

I - Les 9 étapes de la qualité (Entreprise B)

Ces 9 étapes ont été déduites du programme de P. Crosby

Etape 1 – Engagement du management

- Enoncé de la politique
- Formation des managers
- Changement d'attitude

Etape 2 – Comités qualité

Etape 3 – Evaluation du coût d'obtention de la qualité

Etape 4 – Sensibilisation des collaborateurs

Etape 5 – Mesure de la qualité

- Relation client fournisseur
- Système de mesure

Etape 6 – Zéro défaut

- Fixation des objectifs
- Date de démarrage

Etape 7 – Amélioration de la qualité

- Analyse des erreurs
- Analyse des causes
- Elimination des causes (groupes d'amélioration qualité)

Etape 8 – Reconnaissance des mérites

Etape 9 – Recommencer

J - Les 12 étapes de la mise en œuvre d'un politique de la qualité (Entreprise C)

Etape 1 – Identifier le sens de la politique qualité

Etape 2 – Engagement personnel du responsable de l'unité

Etape 3 – Elaborer le projet de l'unité

Etape 4 – Exprimer l'engagement collectif

Etape 5 – Développer la formation

Etape 6 – Radiographier la situation actuelle (toutes fonctions, activités)

Etape 7 – Fixer les objectifs

Etape 8 – Déterminer des projets et des priorités

Etape 9 – Agir pour améliorer

Etape 10 – Faire des revues de projets, évaluer les résultats

Etape 11 – Reconnaître les mérites

Etape 12 – Recommencer en 2

2.1.2 Choix d'un premier modèle :

Pour le chiffrage des coûts de non qualité nous avons cité qu'il existe essentiellement deux méthodes :

La première méthode préconise un chiffrage exhaustif au sein de toute l'entreprise tandis que la deuxième propose de traiter des problèmes prioritaires (problème par problème).

La méthode que nous proposons s'inscrit dans la ligne de la deuxième méthode mais se focalise sur des processus prioritaires au lieu de problèmes prioritaires. En effet il convient de rappeler que :

- la première méthode présente beaucoup de limites ce qui a entraîné l'échec des programmes basés sur cette méthode.
- La deuxième ne répond pas à notre problématique du fait qu'elle ne se focalise pas sur des processus.

Le modèle proposé que nous décrivons ci-après se focalise sur des processus prioritaires au lieu de tous les processus de la cartographie :

Etape 1 : Cartographie des processus

Etape 2 : Choix des processus prioritaires

Etape 3 : Chiffrage des coûts de non qualité

Etape 4 : Analyse et identification des causes

Etape 5 : Choix et mise en œuvre des actions d'améliorations

Etape 6 : Mesure de l'efficacité de ces actions

Etape 7 : Si mesures non efficaces, retour à l'étape 4 ; Si oui retour à l'étape 2

2.2 Périmètre de l'expérimentation

Dans une organisation, on trouve essentiellement les principaux macro processus suivants :

- Marketing,
- Administration,
- Achats,
- Recherche et développement,
- Production,
- Distribution.

Le support de l'expérimentation de notre modèle est une unité de production d'acide phosphorique. Par conséquent le périmètre examiné est un macro processus de production.

2.3 Protocole expérimental :

Le protocole expérimental s'appuie sur la méthode proposée au paragraphe 2.1, qui se résume comme suit :

Etape 1 : Cartographie des processus

Etape 2 : Choix des processus prioritaires

Etape 3 : Chiffrage des coûts de non qualité

Etape 4 : Analyse et identification des causes

Etape 5 : Choix et mise en œuvre des actions d'améliorations

Etape 6 : Mesure de l'efficacité de ces actions

Etape 7 : Si mesures non efficaces, retour à l'étape 4 ; Si oui retour à l'étape 2

2.4 Expérimentations

2.4.1 Expérimentation 1 : Choix du processus

2.4.1.1 : Contexte :

- Macro processus de production : atelier de production d'acide phosphorique
- Description de l'atelier :

L'atelier de production se compose essentiellement de 4 processus : Broyage, réaction et filtration, concentration, stockage et expédition.

A – **Processus de broyage** :

L'installation, composée de trois lignes de broyage, est équipée principalement de :

- Broyeur cylindrique à boulets
- Trémie de stockage
- Sas alvéolaire
- Bascule intégratrice
- Ventilateur exhausteur
- Séparateur dynamique.
- Filtres à manches
- Batterie de 06 Cyclones
- Silo de stockage

L'installation, dimensionnée pour une capacité de 100 t/h par ligne, traite 4893 tonnes de phosphate brut pour une marche de 16 heures par broyeur. Le reste du temps est disponible pour des travaux de maintenance.

Le phosphate provenant de Youssoufia est stocké dans le hall de stockage. Il est ensuite acheminé vers les trémies d'alimentation des broyeurs par un système de convoyeurs.
Le phosphate brut est évacué des trémies au moyen du sas alvéolaire qui assure une alimentation régulière du broyeur à l'appui de la bascule intégratrice et est chargé dans le tube broyeur.

Le phosphate brut est repris du tube broyeur à l'aide de l'air de circulation produit par le ventilateur exhausteur et séparé en fonction de la granulométrie dans les séparateurs dynamiques.

Les refus sont retournés vers le tube broyeur et les passants sont séparés par une batterie de cyclones.

Le phosphate broyé est stocké dans un silo.

L'excès d'air du circuit de broyeur, dû aux entrées parasitaires dans le circuit en forte dépression est dirigé vers un filtre à manches pour récupérer les fines particules ayant échappé au cyclonage.

Un deuxième filtre à manches permet le traitement des poussières provenant des différentes jetées assurant ainsi l'assainissement de l'installation.

A l'aide des surpresseurs installés au-dessous du silo, le phosphate broyé est extrait et acheminé vers l'élévateur à godets par des couloirs de transport ou des bandes réversibles.

B – **Processus de réaction et filtration**

Les unités de réaction d'acide phosphorique, NISSAN, de Maroc Phosphore I, composées de trois lignes identiques, LA, LB et LD, sont conçues pour l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique par voie humide.

Chaque ligne comporte les équipements suivants :

- ✓ (02) Prémélangeurs
- ✓ (02) Digesteurs
- ✓ (04) Cristalliseurs :
- ✓ Laveur Korting
- ✓ 1 Ventilateur (Soufflage air frais)
- ✓ 1 Ventilateur (Soutirage air chaud)

La production d'acide phosphorique est basée sur l'attaque du phosphate broyé par l'acide sulfurique et l'acide phosphorique de retour.

Le phosphate broyé est amené de l'atelier de broyage à travers une bascule intégratrice de dosage dans le prémélangeur qui est muni d'un agitateur.

L'acide sulfurique, provenant de l'atelier sulfurique à 98 % s'écoule dans le prémélangeur directement (Refroidisseur de dilution). La quantité d'acide sulfurique est réglée par une vanne de réglage en fonction de la quantité de phosphate introduite.

En outre une quantité partielle de l'acide phosphorique produit (à env. 20 % de P_2O_5) est recyclée dans le prémélangeur. Le réglage de la quantité recyclée, se fait en fonction de celle du phosphate introduit par une vanne de réglage.

Le phosphate est désagrégé par l'attaque des acides formant ainsi de l'acide phosphorique et du semi-hydrate de sulfate de calcium ($CaSO_4$,$1/2H_2O$). Cette réaction de décomposition étant exothermique, la température dans le prémélangeur augmente pour atteindre env. 90°C.

Ce procédé de décomposition n'est pas une réaction spontanée, mais un procédé demandant du temps. Pour cette raison la bouillie se formant s'écoule d'abord du prémélangeur dans le 1er digesteur et ensuite passe dans le 2ème digesteur. La bouillie, agitée dans les deux digesteurs, augmente de température pour atteindre env. 95°C dans le 1èr et env. 98°C dans le 2ème.

Lors du passage à travers le prémélangeur et les deux digesteurs, la bouillie dispose d'une durée de réaction d'env. 50 minutes.

La bouillie passe ensuite dans une zone de cristallisation à 4 étages, où se cristallise le semi hydrate de sulfate de calcium ($CaSO_4$, $1/2H_2O$), en dihydrate de sulfate de calcium ($CaSO_4$, $2H_2O$), et les traces résiduelles de phosphate sont désagrégées.

Ce processus de cristallisation demande entre autres une réduction de la température et une durée de séjour assez longue.

L'installation de filtration d'acide phosphorique, NISSAN, de Maroc Phosphore I, est composée de 03 lignes identiques, LA, LB et LD.

Chaque ligne comporte les équipements suivants :

- ✓ Filtre UCEGO 03 AF/BF/DF 01
- ✓ Pompe à vide 03 AP/BP/DP 03 (rés. 03 RP/LP/SP 03)
- ✓ (02) Séparateurs 03 AS/BS/DS 05 –06
- ✓ (01) Séparateur unique
- ✓ Laveur 03 AL/BL/DL 02

Le processus de filtration d'acide phosphorique sous vide crée par la pompe à vide 03 AP/BP/DP 03 se déroule comme suit :

La bouillie venant du distributeur 03 AD/BD/DD 11, est conduite vers la filtration puis s'écoule continuellement dans la nacelle à bouillie disposée sur le filtre UCEGO où elle est distribuée au premier secteur (présecteur et secteur fort). Le débit est réglé par le FRCAL 03.407 (vanne automatique et débitmètre).

Le filtrat du secteur fort, passe du filtre vers le séparateur unique où il est séparé du gaz puis il est soutiré par la pompe 03 AP/BP/DP 04 pour être refoulé vers l'unité de stockage d'acide phosphorique 30%.

Le débit est réglé par un variateur de vitesse lié au moteur de la pompe 04.

Le filtrat du secteur moyen passe du filtre vers le séparateur unique d'où il est soutiré par la pompe 05 (03 AP/BP/DP 05) pour être refoulé vers le réacteur (prémélangeur) comme acide de retour titrant environ 20% en P_2O_5.

Le filtrat du secteur faible passe du filtre au séparateur unique d'où il est soutiré pour être utilisé au premier lavage du gâteau de gypse et donne ainsi, l'acide de retour.

L'eau de procédé, alimentant le bac 03 AD/BD/DD 18 est refoulée par la pompe 03 AP/BP/DP 08 vers le bac 03 AD/BD/DD 19 dans lequel s'ajoute un appoint d'eau de procédé par la vanne 03.209. D'ici, la pompe 03AP/BP/DP 11 aspire et refoule l'eau vers le filtre pour le lavage des toiles filtrantes. Une quantité de l'eau de lavage d'environ 25% de débit est recyclée vers le bac 19 et 75% de débit passe dans le bac 22 (03 AD/BD/DD 22) dans lequel s'ajoute le débordement du bac 19. Du bac 22, la pompe 10 (03 AP/BP/DP 10) aspire et refoule l'eau vers le filtre pour le lavage du gâteau de gypse. Son débit est réglé et mesuré par le FRCAL 03.409. Ce troisième filtrat, constituant l'acide faible (env. 8% en P2O5), est soutiré du séparateur unique par la pompe 06 (03 AP/BP/DP 06) qui le refoule vers le secteur moyen

C- Processus de concentration :

Les unités de concentration d'acide phosphorique NISSAN, de Maroc Phosphore I (CAP-AL), qui se composent de 09 évaporateurs identiques partagés par groupes de 03 sur 03 lignes (LA, LB et LD) marchent actuellement indépendamment l'un de l'autre et chacun concentre l'ACP 28% à 54% en poids de P_2O_5

Chaque échelon comprend les équipements suivants :

- Echangeur
- Séparateur de buées
- Pompe de circulation
- Garde hydraulique
- Pompe transporteuse
- Pompe à condensât

L'installation fonctionne de la manière suivante :

L'acide phosphorique 28% en poids P_2O_5 de départ soutiré d'un décanteur 03XT03, est refoulé au moyen de la pompe 03XP14 dans l'échelon quelconque de l'unité de concentration (côté aspiration de la pompe de circulation 03XP22-24).

Le débit est réglé par l'intermédiaire d'une vanne pneumatique 03 210/11/12 afin de maintenir un niveau constant (78%) dans le Bouilleur.

Par évaporation d'eau sous vide (80mmHg) et à une température 80°C, on obtient une concentration de l'acide d'environ 53,5% en poids P_2O_5 .

L'acide phosphorique concentré 53,5% P_2O_5 est transféré vers le bac d'ACP chaud (04XT01) à l'aide d'une pompe de transfert (03XP28-29-30).

A partir de 1999, lors des campagnes de production d'acide phosphorique désulfaté et surconcentré, un échelon est réservé pour la surconcentration de l'acide de 52% à 58% P2O5.

L'eau évaporée dans chaque échelon est aspirée par les éjecteurs de vapeur BP 4,5 bar aux unités à vide et condensée dans les laveurs de gaz, par l'eau de mer qui est envoyé dans la garde hydraulique d'eau de mer de chaque échelon.

L'eau de mer débordante des gardes hydraulique n'est plus utilisée pour l'entraînement du gypse.

Le besoin en vapeur 0.75 bars des échelons est assuré par deux transformateurs de vapeur :

- ✓ Le transformateur de vapeur 03PH01 pour les échelons des lignes A et B.
- ✓ Le transformateur de vapeur 03DH01 pour les échelons de la ligne D.

Les transformateurs de vapeur fonctionnent de la même manière :

- ➢ Circuit primaire : La vapeur primaire 4.5 bar (170°C) provenant de la centrale thermique, est introduite dans les transformateurs 03PH01/03DH01 des côtés calendres, cède ses calories aux condensats secondaires et se transforme en condensats primaires ayant une température 147°C qui sont refroidis à 130°C dans les refroidisseurs 03PE09/03DE09 avant leur retour vers la centrale thermique.
- ➢ Circuit secondaire : Les condensats secondaires, préchauffés dans 03PE09/03DE09 de 99°C à 117°C sont introduis dans les transformateurs de vapeur 03PH01/03DH01 du côté tubes pour se transformer en vapeur secondaire ayant une température de 125°C. La vapeur secondaire, ainsi produite alimente les échangeurs de chaleur des échelons, puis réintroduite dans les transformateurs 03PH01/03DH01 sous forme de condensats secondaires.

Après un cycle de production de 168h, il s'ensuit un encrassement des échelons ayant pour conséquence une réduction de transfert de chaleur et la réduction de la cadence de production de l'échelon.

Aussi, il est nécessaire de faire un lavage périodique à l'aide de l'eau chaude mélangée avec l'acide sulfurique d'environ 5% de concentration pour une durée de 10h.

D – **Stockage et expédition**

L'acide produit dans les ateliers Réactions Filtrations chargé en solide, aussi, il est nécessaire de faire appel à l'opération de décantation pour réduire ce taux de solide.

L'unité de stockage d'acide phosphorique se compose des équipements suivants :

- ✓ (03) Bacs de 1550 m^3 pour le stockage d'ACP 30 %
- ✓ (03) Bacs de 1550 m3 pour le stockage d'ACP 54 % chaud
- ✓ (03) Bacs de 1550 m3 pour le stockage d'ACP 54 % froid
- ✓ (03) Bacs de 1550 m3 pour le stockage d'ACP 54 % pour MAP
- ✓ (03) Bacs de 5000 m3 pour le stockage d'ACP 54 % clarifié.
- ✓ (06) Bacs de 10000 m3 pour le stockage d'ACP 54 % clarifié final.
- ✓ (02) Bacs à boue 04 PD 01 et 04 PD 02
- ✓ (21) Pompes ODS
- ✓ (10) Refroidisseurs
- ✓ Lot de motopompes d'ACP 30% et 54%

La décantation se fait dans des bacs de stockage d'acide : ce sont des récipients formés de deux parties, une vérole cylindrique en acier ordinaire revêtu de l'intérieur par un caoutchouc anti-acide et une partie conique briquetée de l'intérieur (brique anti-acide).

Chaque bac est menu d'un système de raclage pour entraîner la boue vers le cône de décharge.

Il y a deux sortes de bacs :

- ✓ Les bacs sans toitures pour stockage d'acide phosphorique titrant 30% P_2O_5
- ✓ Les bacs avec toitures pour stockage d'acides phosphoriques titrant 54% P_2O_5.et 58%. P_2O_5

Extraction des boues :

Les boues qui résultent de la décantation, sont extraites moyennant des pompes types ODS ou à l'aide de pompes centrifuges vers le bac à boue 04 PD 02 d'où elles vont être recyclées vers la réaction pour récupération du P_2O_5.

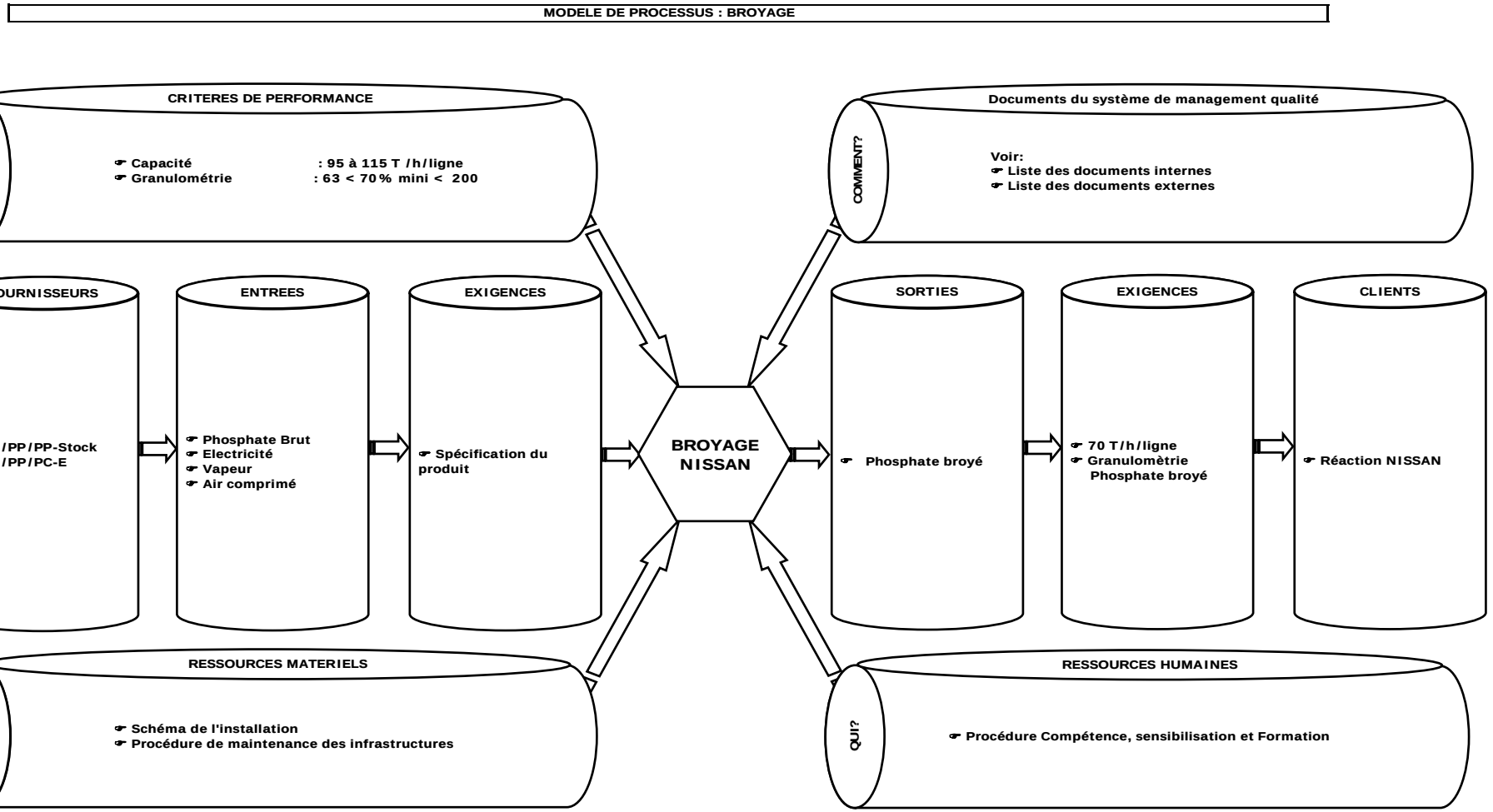
Le Refroidissement d'acide : L'acide provenant de l'atelier de concentration arrivant au stockage à une température d'environ 80°C, va subir un refroidissement dans des refroidisseurs (échangeurs tubulaires) à eau de mer. La température est de l'acide chute à environ 35 et 40°C.

L'expédition d'ACP vers le port est composée de 2 voies ferrées de chargement : la voie n°1 et la voie n°2

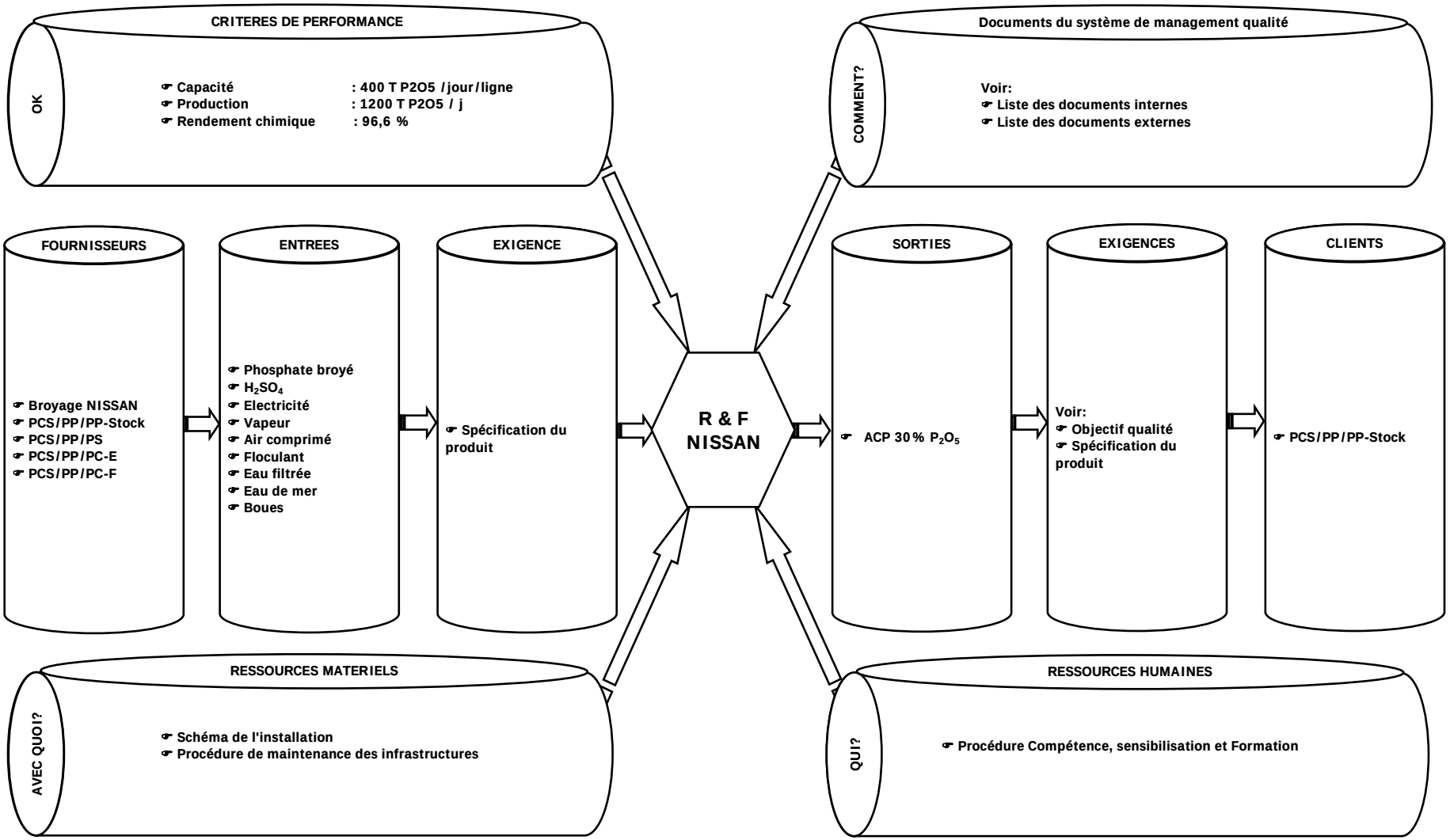
Chaque voie est munie de 3 lignes (LA, LB et LD), chaque ligne est constituée de :

- ☞ 1 jupe de raccordement avec la sous rame
- ☞ 1 palan électrique pour la manutention de la jupe en haut ou en bas
- ☞ 1 chariot électrique sur des raille pour le déplacement transversal de la jupe
- ☞ 1 vanne DN 200 manuelle pour l'isolement
- ☞ 1 vanne DN 200 automatique pour réglage du débit de chargement
- ☞ 1 débitmètre indiquant le débit de chargement

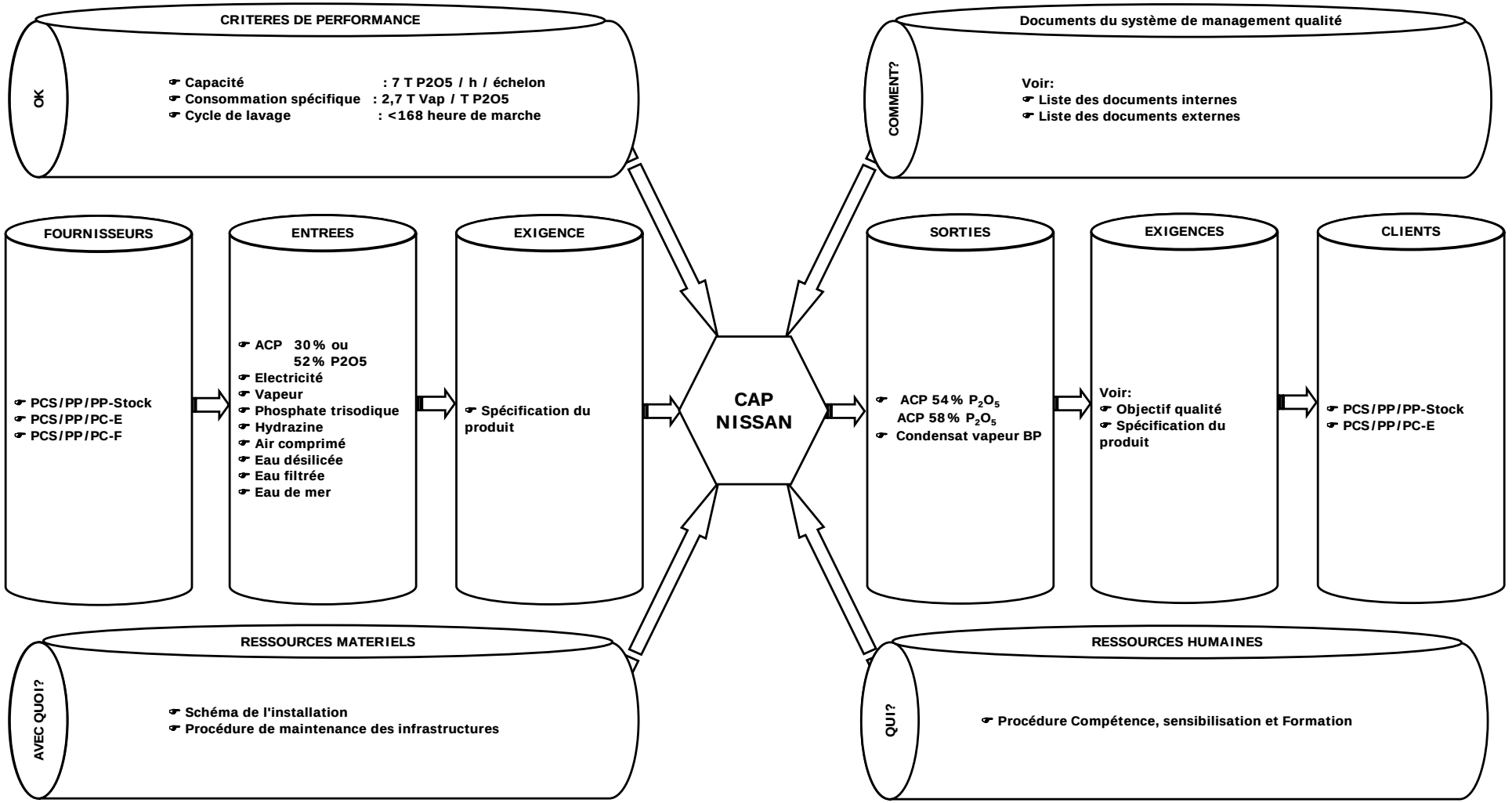
- Cartographie du macro processus :



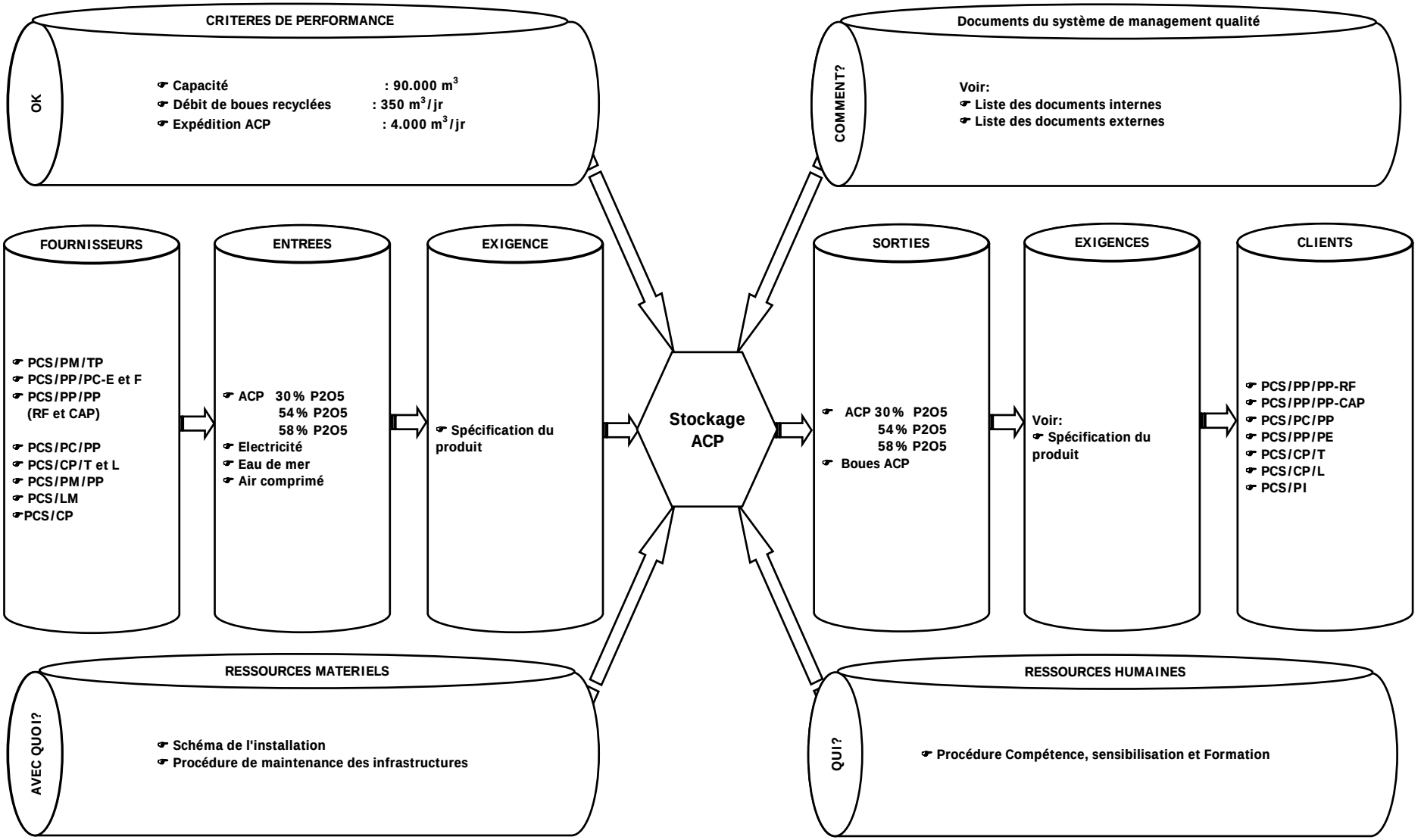
MODELE DE PROCESSUS : REACTION ET FILTRATION



MODELE DE PROCESSUS: CONCENTRATION



MODELE DE PROCESSUS : STOCKAGE ET EXPEDITION



2.4.1.2 - Déroulement :

Nous avons mené une étude statistique des indisponibilités des sous processus, pour mettre en évidence celui qui pénalise l'objectif de production du processus global.

Sous processus	Temps d'indisponibilité (Heures)	% du temps total d'indisponibilité	% cumulé du temps total d'indisponibilité
Broyage	0	0	0
Stockage	80	3	3
Réaction et filtration	718	25	28
Concentration	2014	72	100
Total	2812	100	

Le sous processus de concentration engendre à lui seul 72 % du temps d'indisponibilité de la production. C'est donc au niveau de ce processus que nous avons décidé de mener les actions prioritaires.

2.4.1.3 - Conclusion :

A l'issue de cette expérimentation, il a été prouvé, qu'il est possible de choisir dans la cartographie générale un processus prioritaire qui fera l'objet de l'expérimentation 2.

2.4.2 Expérimentation 2 – Evolution du premier modèle

L'orientation que nous avons donnée à notre analyse nous a amené à mettre en valeur l'orientation du coût de non qualité pour le pilotage des processus. Nous allons maintenant dans cette partie aborder la validation de nos hypothèses et notre analyse en présentant l'expérimentation que nous avons mené dans un milieu industriel.

2.4.2.1 Contexte :

a - Processus élémentaire retenu

Le support de validation de notre démarche est une unité industrielle de concentration d'acide phosphorique. Cette unité qui a été retenue à l'issue de l'expérimentation 1 représente un processus élémentaire (niveau 2) du macro processus de réalisation (niveau 1) relatif à la fabrication d'acide phosphorique.

b -Description d'une unité de concentration d'acide phosphorique :

A Maroc Phosphore I, l'installation de concentration d'acide phosphorique (ACP) « CAP-AL » est conçue pour concentrer l'acide phosphorique de 30% à 54% en poids de P2O5, par évaporation sous vide

L'unité de concentration (CAP-AL) se compose de 09 concentrateurs (échelons) identiques partagés par groupes de 03 sur 03 lignes (LA, LB et LD).

Chaque échelon comprend les principaux équipements suivants :

- Bouilleur,
- Échangeur thermique (tubulaires en graphite),
- Pompe de circulation,
- Condenseur des gaz,
- Unité à vide,
- Garde hydraulique,
- Pompe de transfert,
- Pompe à condensat,

Un échelon sert à concentrer l'acide 30 % pour le ramener à 54 %, par le biais d'une évaporation d'eau sous un vide de 60 à 80 tors et une température de 75 à 84°C. La séparation des gouttelettes d'acide des gaz est obtenue dans le bouilleur après circulation de l'acide à travers les 409 tubes de

l'échangeur qui assure l'échange thermique indirect en utilisant la vapeur dite secondaire (0,75 bars) produite au niveau de transformateur de vapeur.

Les buées crées sont aspirées à l'aide des éjecteurs à vapeur et condensées par l'eau de mer.

Le débit d'acide produit, sortant au niveau de la colonne DN 800 située au-dessous du bouilleur, est réglé en fonction de la densité demandée en maintenant la température et le niveau d'acide constants dans le bouilleur.

Il s'ensuit, cependant, un encrassement des échelons ayant pour conséquence une réduction de transfert de chaleur et la réduction de la cadence de production de l'échelon.
Aussi, il est nécessaire de faire un lavage périodique à l'aide de l'eau chaude mélangée avec l'acide sulfurique (3% à 5%) pendant une durée de 8h à 10h après 168 heures de marche.

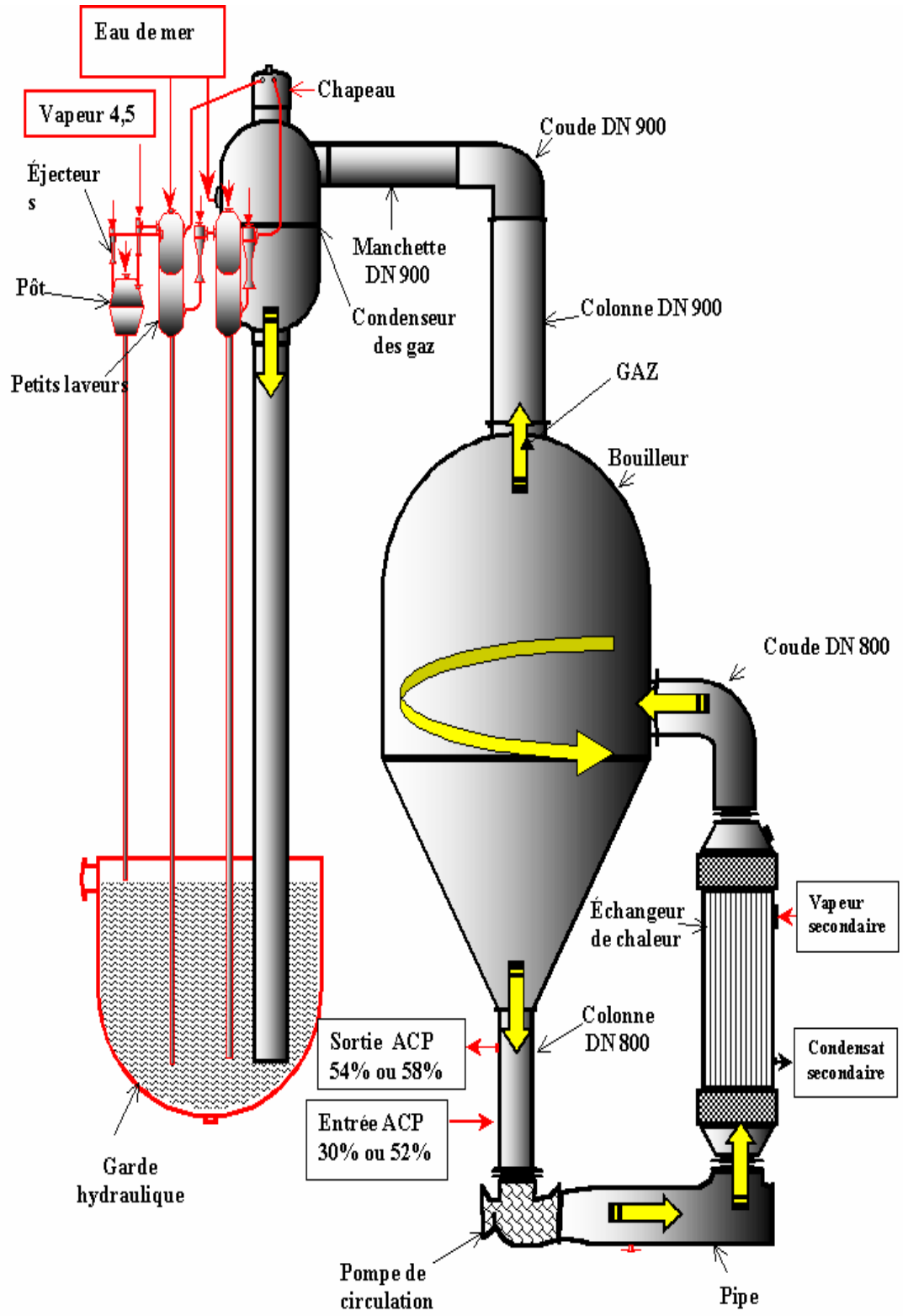


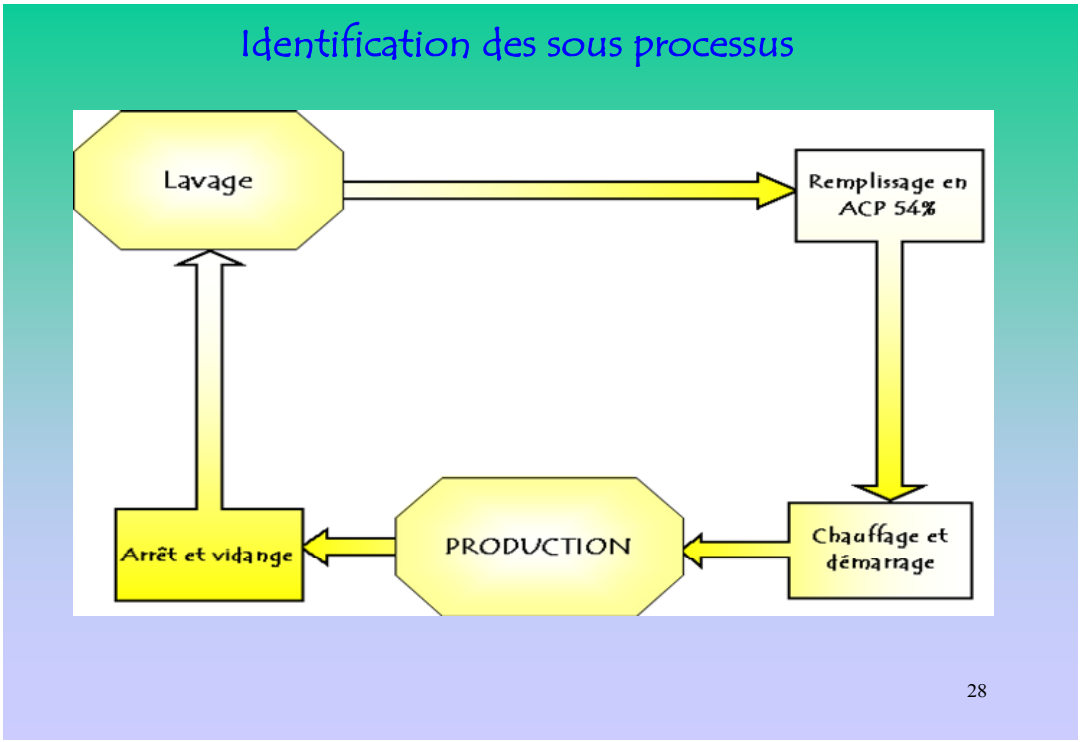
Schéma d'un échelon de concentration

2.4.2.2 Déroulement :

a – Décomposition du processus en activités (sous processus)

Le processus de concentration se décompose principalement de cinq sous processus :

- Lavage
- Remplissage
- Chauffage et démarrage
- Mise en production
- Arrêt et vidange



Les entrées et sorties de chaque sous processus sont résumés dans le tableau suivant :

Entrées	Processus	Sorties
☞ Eau filtrée : - Pression : > 4bar - Débit : > 100 m3/h	**Lavage**	✓ Circuits propres ✓ Eau chaude acidulée chargée en sels (Gypse et fluosilicates de sodium et de potassium)
☞ Vapeur BP : - Pression : > 4,2 bar - Débit : > 5 T/h		
☞ Acide sulfurique : - Débit : 3 à 5 m^3/h		
☞ Acide 52 %: - Débit : > 50 m^3/h - Taux solide: < 1,5 %	Remplissage	✓ Niveau acide dans le bouilleur : 80%
☞ Vapeur BP: - Pression : > 4,2 bar - Débit : > 5 T/h	Chauffage et démarrage	✓ Température acide sortie échangeur
☞ Eau de mer: - Pression : > 2,3 bar - Débit : > 400 m^3/h		✓ Vide dans les bouilleurs : 60 à 80 mm Hg
☞ Acide 30% ou 52%	Production	✓ Acide produit : - % P_2O_5 :54% à 58% - % TS : < 3,5% - densité : 1620 à 1690
☞ Vapeur BP: - Pression : > 4,2 bar - Débit : 15 T/h		
☞ Eau de mer: - Pression : > 2,3 bar - Débit : > 400 m^3/h		
☞ Niveau ACP dans le bouilleur : > 70%	Arrêt lavage et Vidange	✓ Durée arrêt et vidange ≤ 1,5 heure

b – Indicateurs caractérisant chaque sous processus :

Dans cette étape nous avons identifié d'une manière exhaustive, sans classement, les indicateurs pouvant jouer un rôle dans la performance de chaque sous processus et en conséquence dans le processus global. Ces indicateurs portent sur le fonctionnement de chaque sous processus et son résultat.

Processus de production

Indicateur	**Enjeu**
- Le niveau dans le bouilleur	✓ Sécurité de l'échangeur & bonne séparation acide gaz
- Le vide	✓ Qualité acide produit
- La température	
- La densité d'ACP produit	
- Le débit d'ACP produit	
- La pression de la vapeur secondaire et primaire	
- La pression d'eau de mer	✓ Stabilité du vide dans le bouilleur
- pH et densité d'eau de mer dans la garde hydraulique	✓ Rendement industriel
- L'ampérage de la pompe de circulation	✓ Échange thermique
- La conductivité de condensat sortie échangeur de chaleur	✓ Sécurité du transformateur de vapeur et des circuits énergétiques du complexe
- Durée de marche entre deux lavages successifs	✓ Productivité
- Productivité d'un échelon	✓ Niveau de production
- Consommation spécifique de vapeur	✓ Economie d'énergie et prix de revient
- Taux de disponibilité	✓ Niveau de production
- Nombre d'arrêts maintenance	✓ Stabilité et niveau de production

Processus de lavage

Indicateur	**Enjeu**
- Le niveau dans le bouilleur	✓ Sécurité de l'échangeur & efficacité de lavage
- Durée de lavage	✓ Efficacité de lavage
- La température	
- Le débit d'eau sortie circuits 30% et 54%	
- La pression de la vapeur secondaire et primaire	
- Le teneur H2SO4 injectée dans l'eau de lavage	
- L'ampérage de la pompe de circulation	✓ Échange thermique
- La conductivité de condensat sortie échangeur de chaleur	✓ Sécurité du transformateur de vapeur et des circuits énergétiques du complexe
- Nombre de tubes des échangeurs de chaleur bouchés par le gypse	✓ Productivité et consommation de vapeur

Processus de remplissage

Indicateur	**Enjeu**
- Le niveau dans le bouilleur	✓ Echange thermique
- Durée de remplissage	✓ Production

Processus Chauffage et démarrage

Indicateur	**Enjeu**
- Le niveau dans le bouilleur	✓ Echange thermique
- Vide dans le bouilleur	✓ Qualité acide phosphorique à produire
- Température fluide sortie échangeur	
- PH et densité eau de mer dans la garde hydraulique	✓ Rendement P_2O_5
- Durée de chauffage et démarrage	✓

Processus arrêt et vidange

Indicateur	**Enjeu**
- Température fluide sortie échangeur	✓ Interruption alimentation en vapeur
- Niveau dans le bouilleur	✓ Vidange totale de la boucle de concentration
- Ampérage de la pompe de vidange	
- Durée d'arrêt et de vidange des échelons	✓

c – Choix des indicateurs de performance pertinents de chaque sous processus :

L'analyse du fonctionnement de chaque processus nous a permis de choisir les indicateurs qui ont un impact significatif sur le résultat du processus global.

- Processus de lavage

Indicateur Pertinent	Critères motivant le choix
- Nombre des tubes bouchés par le gypse	✓ Efficacité du lavage ✓ Amélioration échange thermique ✓ Productivité

- **Processus remplissage**

Indicateur Pertinent	Critères motivant le choix
- Durée de remplissage	✓ Niveau de production

- **Processus chauffage et démarrage**

Indicateur Pertinent	Critères motivant le choix d'indicateurs pertinents
- Durée de chauffage	✓ Niveau de production

- **Processus de production**

Indicateur Pertinent	Critères motivant le choix d'indicateurs pertinents
- Taux de disponibilité	✓ Qualité et quantité acide produit
- Productivité des échelons	
- Consommation spécifique de vapeur	✓ Coût de la vapeur
- Nombre d'arrêts maintenance	✓ Productivité

- Processus arrêt et vidange

Indicateur Pertinent	Critères motivant le choix d'indicateurs pertinents
☞ Durée d'arrêt et vidange	✓ Production

d – Estimation du coût de non qualité par sous processus :

Il s'agit dans cette phase d'évaluer la performance de chaque sous processus en terme de coût. Pour ce faire, nous avons adopté l'approche suivante :

- Déterminer la performance attendue de chaque sous processus sur la base des indicateurs retenus,
- Mesurer les performances réalisées de chaque sous processus,
- Comparaison des performances réalisées à celles attendues,
- Chiffrage des coûts de non qualité par sous processus.

- Performance attendue de chaque sous- processus

Sous processus	**Indicateurs de performance**	**Performance attendue**
Lavage	Nombre de tubes bouchés par le gypse	0
Remplissage	Durée de remplissage	0,45 h
Chauffage et démarrage	Durée	0,5 h
Production	Productivité	6,5 T / h
	Consommation spécifique de vapeur	< 2,35 T/T
	Taux de disponibilité	> 92 %
	Nombre d'arrêt maintenance	0
Arrêt et vidange	Durée	1 h

- Mesure des performances réalisées de chaque processus (Mois de référence – Janvier 2002)

Sous Processus	**Indicateur de performance**	**Performance réalisée**
Lavage	Nombre de tubes bouchés	711
Remplissage	Durée	1 h
Chauffage et démarrage	Durée	0,5 h
Production	Productivité	4,56 T / h
	Consommation spécifique de vapeur	3,28 T /T
	Taux de disponibilité	76,4 %
	Nombre d'arrêt maintenance	130
Arrêt et vidange	Durée	1,5 h

- Comparaison des performances attendues / réalisées

Sous processus	Indicateur de performance	Performance attendue	Performance réalisée	Ecart non qualité
Lavage	Nombre de tubes bouchés	0	711	+711
Remplissage	Durée	0,45 h	1 h	+0, 55 h
Chauffage et démarrage	Durée	0,5 h	0, 5 h	0
Production	Productivité	6,5 T / h	4, 56 T/h	- 1,94 T/h
	Consommation Spécifique de vapeur	< 2,35	3, 28	+0, 93 T/T
	Taux de disponibilité	> 92	76,4	-15, 6 %
	Nombre d'arrêt maintenance	0	130	+130
Arrêt et vidange	Durée	1 h	1,5 h	+ 0, 5 h

On constate :

- Un manque d'efficacité de lavage avec un nombre élevé des tubes bouchés
- Une diminution sensible de la disponibilité et un nombre élevé d'arrêts maintenance
- Une augmentation de la consommation spécifique de vapeur
- Une réduction d'environ 2 points de la productivité

Pour déterminer quels sont les écarts qui ont le plus d'impact sur les coûts de production, il est nécessaire de chiffrer les coûts de non qualité engendrés par ces non conformités.

- Chiffrage du coût de non qualité par sous processus

Sous-Processus	Indicateur de Performance	Performance attendue	Performance réalisée	Ecart non qualité	Manque à produire (En T)	Coût de non qualité (En DH)
Lavage	Nombre de tubes bouchés	0	711	+711	*	*
Remplissage	Durée	0,45 h	1 h	+0, 55		40.000
Chauffage et démarrage	Durée	0,5 h	0, 5 h	0		0
Production	Productivité (T/h)	6,5	4, 56	- 1,94	8400	2.800.000
	Consommation Spécifique de vapeur (T/T)	< 2,35	3, 28	+0, 93	-	1.400.000
	Taux de disponibilité (%)	> 92	76,4	-15, 6	10200	3.450.000
	Nombre d'arrêt maintenance	0	130	+130	**	**
Arrêt et vidange	Durée (h)	1	1,5	+0, 5	-	40.000

***** ce paramètre a un impact sur la consommation de vapeur et la productivité.
En conséquence, il a une part significative dans le coût de non qualité enregistré.

****** ce paramètre contribue à la baisse du taux de disponibilité

e- Hiérarchisation des coûts de non qualité et choix des sous processus critiques (classement ABC)

Afin de déterminer les processus prioritaires sur lesquels les efforts seront focalisés; le critère de classement retenu est l'impact de chaque sous processus sur le coût de non qualité.
L'analyse des coûts de non qualité et leur classement dégage deux processus critiques : production et lavage.

f - Analyse des défaillances enregistrées sur les processus critiques :

L'analyse des défaillances a été réalisée par une commission multi- disciplinaire
(Production- maintenance). L'approche suivante a été adoptée :

- A travers l'historique, analyser les défaillances enregistrées sur les deux processus critiques (production et lavage),
- Identifier et analyser les causes premières qui sont à l'origine de ces défaillances.

- Processus production :

Les efforts ont été concentrés sur la recherche des causes de chute de la disponibilité et l'augmentation des arrêts maintenance. A cet effet il a été procédé comme suit :

- Préparation de statistiques des indisponibilités par échelon et par équipement,
- Liste des principales défaillances enregistrées avec les durées d'arrêts correspondants, sur les échelons de concentration au cours de leur service en production,
- Classement des indisponibilités par famille d'équipements (équipements caoutchoutés ; équipements et circuits plastic, pompes, robinetterie ; échangeurs ; etc.)
- Analyse des indisponibilités majeures enregistrées et identification des causes correspondantes,
- Synthèse des principales causes.

Dans le tableau suivant ; nous synthétisons les résultats de ce travail :

Echelon de concentration	Famille équipement à l'origine de l'indisponibilité majeure	Causes principales
A1	Equipements caoutchoutés	Fuites sur bouilleurs
A2	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Pomperie	Fuites sur pompe de circulation
A3	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Pomperie	Fuites sur pompe de circulation
B1	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Pomperie	Fuites sur pompe de circulation
B2	Equipements caoutchoutés	Fuites sur bouilleurs
B3	Equipements caoutchoutés	Fuites sur bouilleurs
	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Compensateurs	Fuites sur compensateurs
D1	Pomperie	Fuites sur pompe de circulation
	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
D2	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Compensateurs	Fuites sur compensateurs
	Pomperie	Fuites sur pompe de transfert
D3	Equipements caoutchoutés	Fuites sur bouilleurs
	Pomperie	Fuites sur pompe de circulation
	Echangeurs	Fuites sur ceintures et cones échangeurs
	Compensateurs	Fuites sur compensateurs

L'analyse des indisponibilités majeures enregistrées a permis de ressortir les causes principales classées comme suit :

- fuites fréquentes sur ceintures de l'échangeur
- défaillances des pompes de circulation
- fuites sur compensateurs
- fuites sur bouilleurs
- défaillances des pompes de transfert.

- **Processus lavage :**

Le nombre élevé de tubes bouchés est la conséquence de l'inefficacité de ce processus. L'analyse du fonctionnement de ce processus nous a permis de dégager les causes principales suivantes :

- Interruptions fréquentes des lavages ; dues aux fuites qui se déclarent sur les éléments de la boucle (compensateurs ; tuyauterie, vannes, etc.)
- Prolongation des cycles de lavage ;
- Fuites fréquentes sur le circuit d'acide sulfurique injecté dans l'eau de lavage.

g– Identification des opportunités d'améliorations et mise en œuvre d'un plan d'actions :

Après identification des causes à l'origine de chute de performances des deux sous processus critiques ; des actions ont été définies et mises en œuvre sur site. Le pilotage et la coordination de ces actions ont été réalisés par l'équipe multidisciplinaire précitée.
Nous résumons, ci – après, les principales actions réalisées :

Processus lavage :

- Prolongation de la durée de lavage à 10h au lieu de 8h,
- Respect de la durée entre de lavage (168 h)
- Nettoyage des tubes, bouchés par le gypse, des échangeurs de chaleur,
- Fiabilisation du circuit d'injection d'acide sulfurique

Processus production :

- Changement des ressorts défectueux des échangeurs de chaleur,
- Installation des débitmètres sur les circuits d'acide produit,
- Changement des compensateurs défectueux,
- Renfort de la boulonnerie des éléments des boucles de concentration
- Équipement, des circuits de production des échelons, de vannes de prises d'échantillons.
- Étalonnage par essai matière du débitmètre d'ACP produit installé sur le circuit de production d'ACP 54% des lignes A, B et D
- Réparation et ébonitage localisés des parois internes des bouilleurs des échelons,
- Équipement du bouilleur de l'échelon A2 d'un détecteur de niveau à Radar,
- Amélioration de la disponibilité des pompes de circulation et de transfert

h– Suivi et évaluation du plan d'actions :

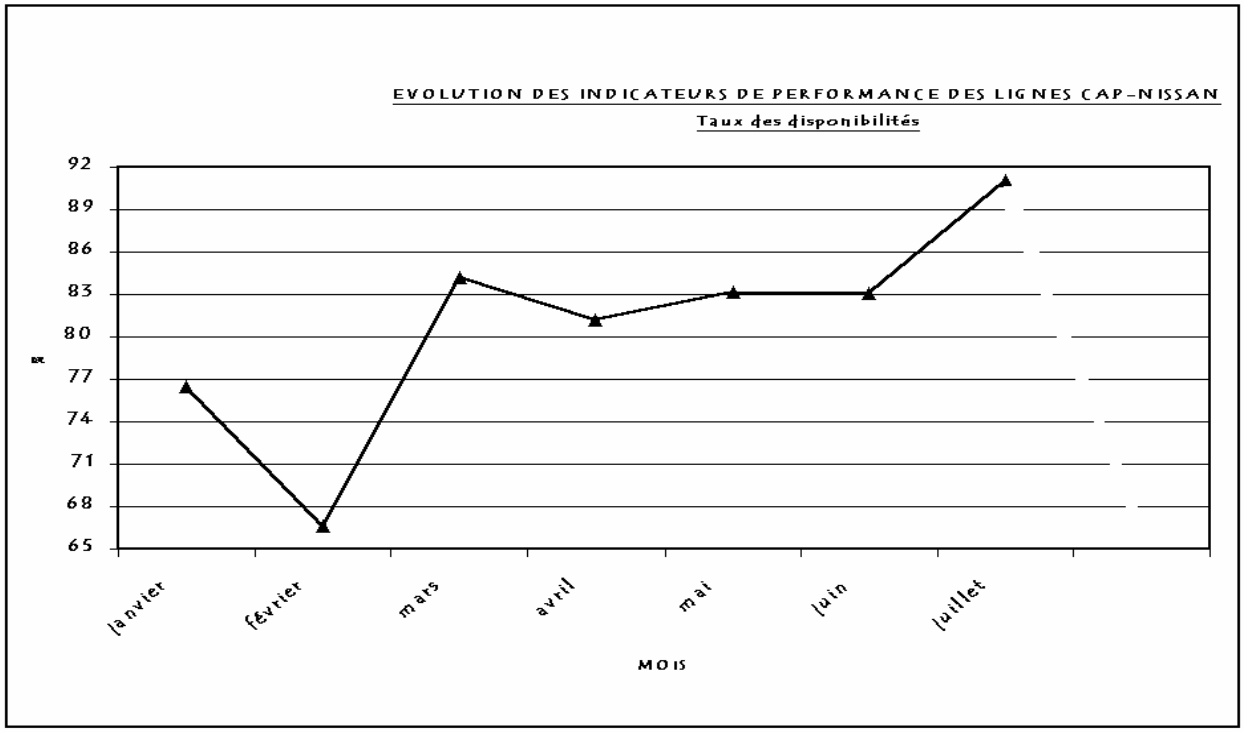
Afin de mesurer l'impact de ces actions sur les performances des processus, un tableau de bord mensuel a été instauré, relatant l'évolution des indicateurs de performance retenus pour les différents processus.

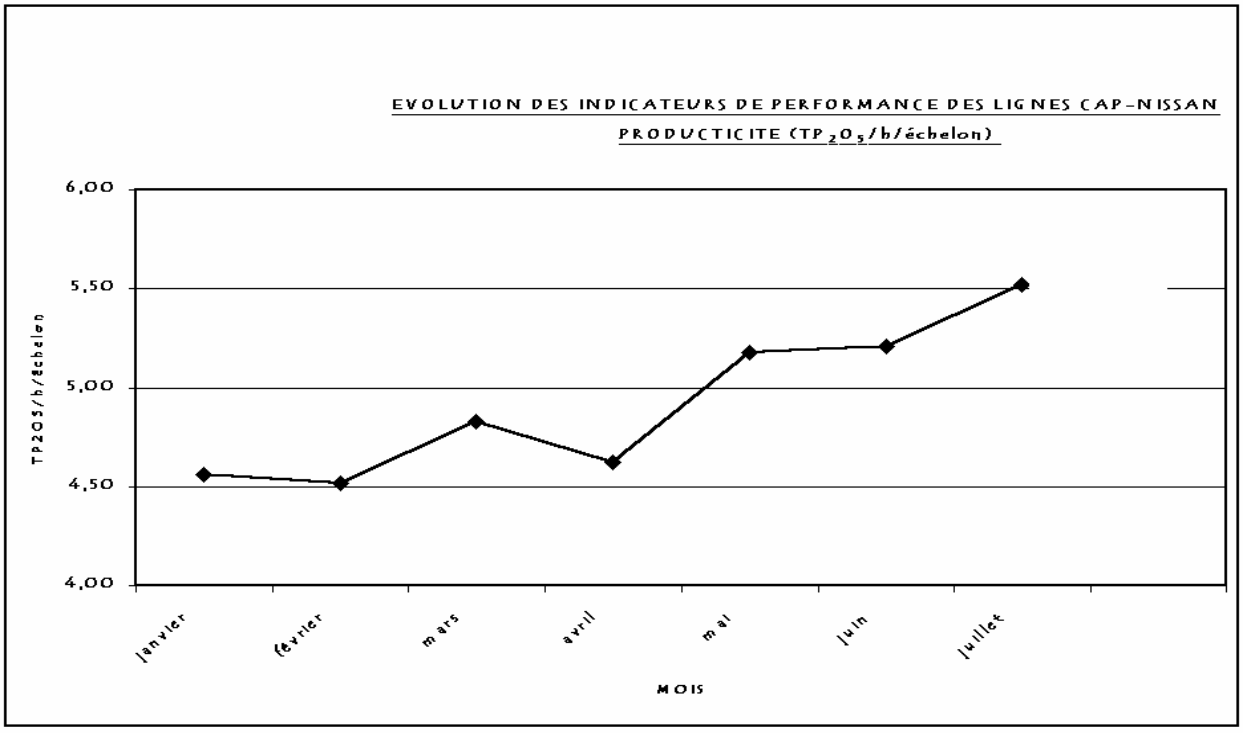
- évolution des indicateurs de performance.

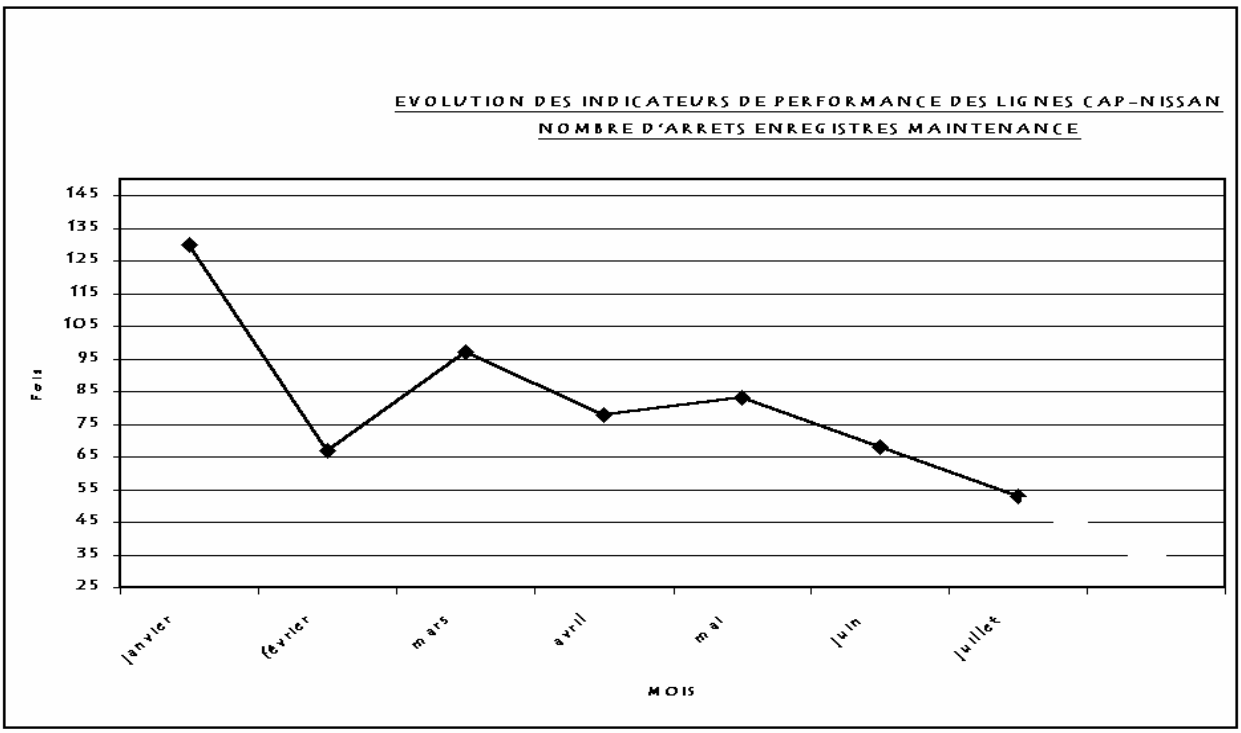
Les actions réalisées, citées ci avant ont contribué à l'évolution dans le sens positif des indicateurs de performance et par conséquent à la réduction des coûts de non qualité. Cette évolution se présente comme suit :

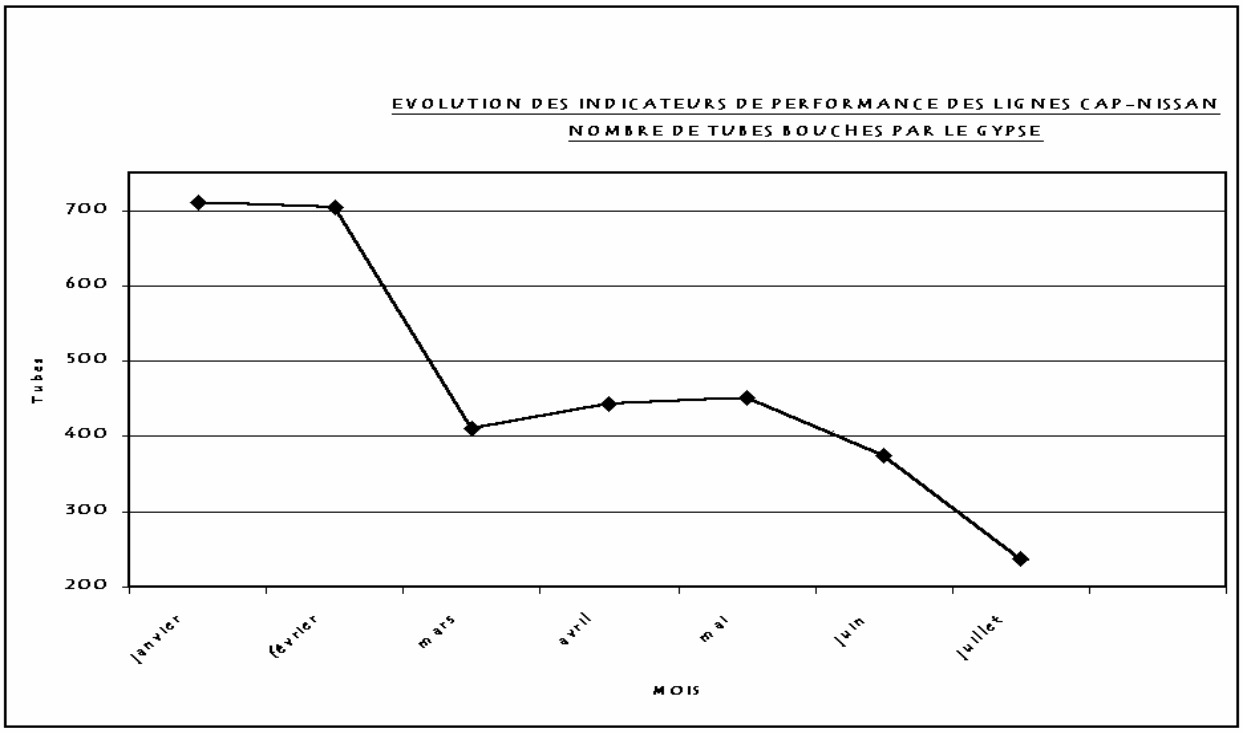
		Valeur réalisée						
Mois	Performance attendue	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet
Productivité (TP_2O_5/h/échelon)	6.5	4.56	4.52	4.83	4.62	5.18	5.21	5.52
Taux de disponibilité mécanique (%)	92	76.90	88.92	89.61	81.99	83.51	86.92	91.37
CS vapeur	2,35	3.28	3.24	2.96	2.95	2.71	2.76	2.64
Nombre arrêt maintenance	0	130	67	97	78	83	68	53
Tubes bouchés	0	711	705	410	443	451	375	237

Évolution des indicateurs






EVOLUTION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DES LIGNES CAP-NISSAN
NOMBRE D'ARRETS ENREGISTRES MAINTENANCE
145
135
125
115
105
95
85
75
65
55
45
35
25
Fois
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
MOIS


EVOLUTION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE DES LIGNES CAP-NISSAN
NOMBRE DE TUBES BOUCHES PAR LE GYPSE
700
600
500
400
300
200
Tubes
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
MOIS

Évolution du manque à produire (JANVIER A FIN JUILLET 2002)

-PROCESSUS DE PRODUCTION ET LAVAGE

☞ Manque à produire en P_2O_5 : MAP

	Indisponibilité		Surconsommation vapeur			Productivité	
Mois	**MAP (TP2O5)**	**MAG* (DH)**	**MAP (TP2O5)**	**Coût *****	**MAG * (DH)**	**MAP (TP2O5)**	**MAG * (DH)**
Jan	9453	2428570	4560	994240	1172640	8388	2155010
Fev	12096	3107580	3350	722830	862110	6741	1731770
Mars	6354	1632400	2700	530790	693940	8407	2159840
Avr	7296	1874400	2280	447700	586550	8542	2194610
Mai	6768	1738760	500	91090	129750	6546	1681770
Juin	6582	1690980	940	173560	243070	6305	1619735
Juil	3588	921790	0	0	0	5095	1308950
Total	52137	13394480	14330	2960210	3688060	50024	12851685

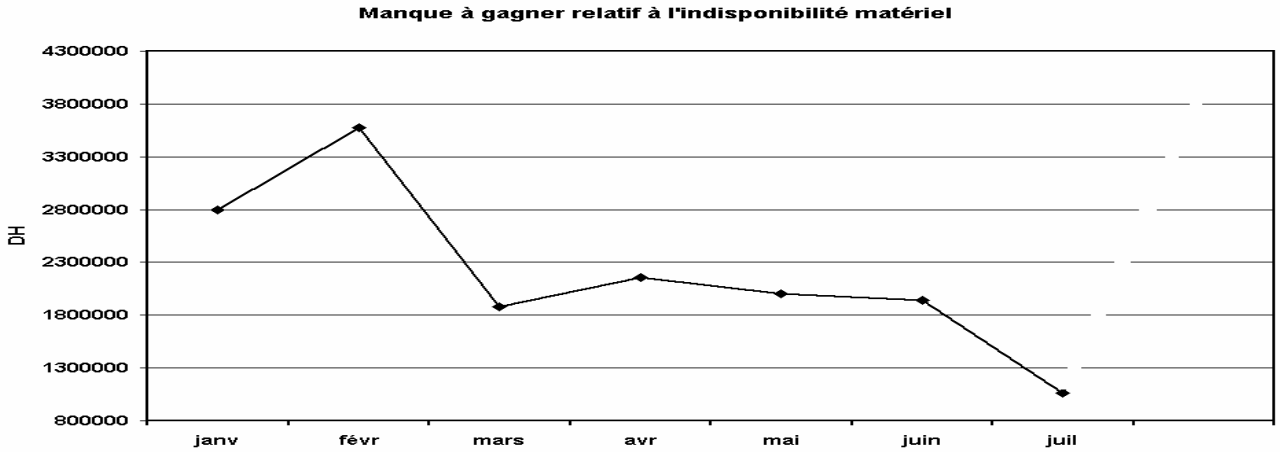
(*) Manque à gagner : calculé sur la base d'une marge bénéficiaire de 23$ par tonne P_2O_5

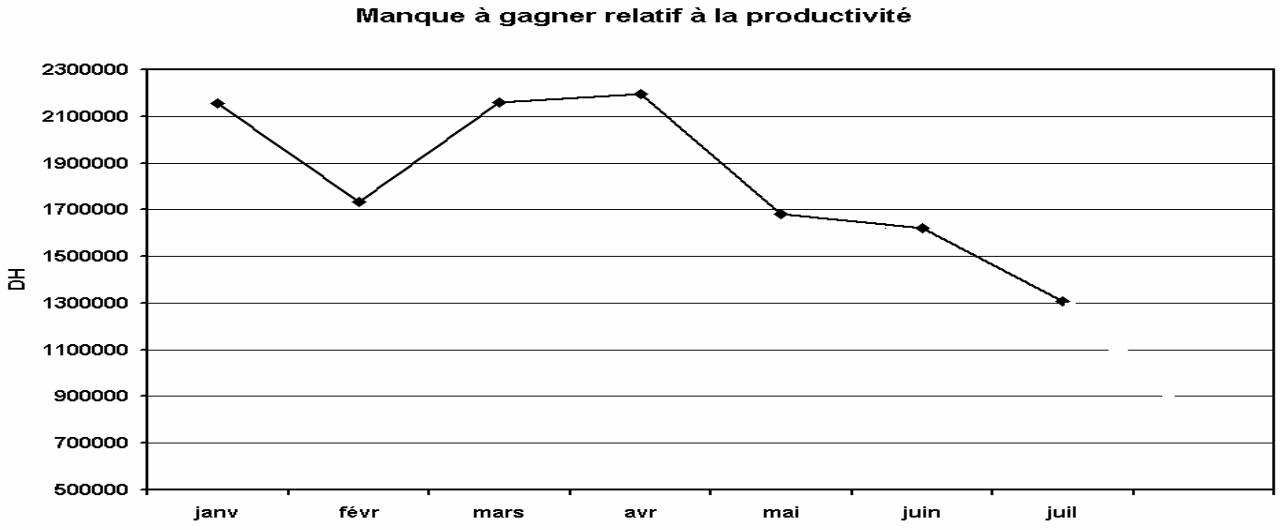
(**) Arrêt programmé de la ligne D pour révision

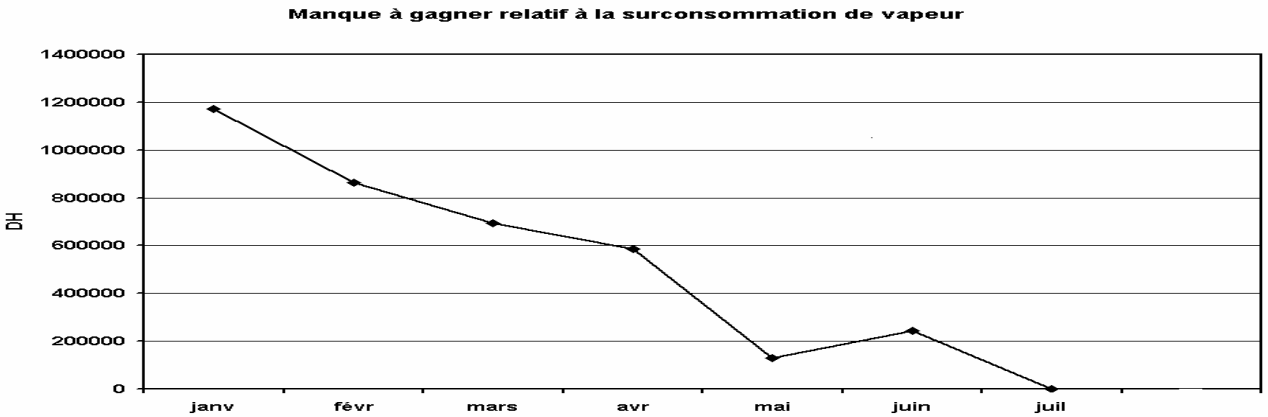
(***) Coût vapeur : 25 DH/Tonne

Evolution des coûts de non qualité

☞ Représentations graphiques du MAG







2.4.2.3 Conclusion :

Dans le tableau, ci-dessous, nous montrons la corrélation de ces actions avec les indicateurs de performance des deus sous processus lavage et production :

INDICATEUR	Commentaire (actions entreprises)
Taux de disponibilité	Améliorations progressives dans le cadre des travaux de la commission de disponibilité
Nombre d'arrêt maintenance	Changement des circuits vétustes (plastique ou acier), remplacement de quelques équipements ébonités par l'Inox
Nombre tubes bouchés par le gypse	- Maintien de l'injection de H_2SO_4 dans l'eau de lavage des échelons: amélioration de la disponibilité du circuit, - Débouchage systématique des tubes bouchés
Consommation spécifique de vapeur	Débouchage systématique des tubes bouchés
Productivité	- Installation des débitmètres de contrôle d'ACP produit - Contrôle en continu des gardes hydrauliques et de la densité d'ACP d'alimentation - Débouchage systématique des tubes bouchés - Lavage à l'aide d'eau chaude mélangée avec H_2SO_4 - Actions réalisées pour améliorer la disponibilité et réduction du nombre d'arrêts maintenance

Troisième Partie

PROPOSITION D'UN OUTIL DE MESURE ET DE REDUCTION DES COUTS DE NON QUALITE POUR LE PILOTAGE DES PROCESSUS INDUSTRIELS

Partie 3/ Proposition d'un outil de mesure et de réduction des coûts de non qualité pour le pilotage des processus industriels

3-1 Description de la méthode proposé

3.1.1- Méthode proposée :

A la lumière des expérimentations menées sur le terrain industriel, la démarche proposée s'inscrit dans la ligne de la deuxième conception (projet par projet) mais orientée vers les processus prioritaires. Un projet d'amélioration est entrepris en prenant processus par processus selon des critères bien définis.

Cette démarche se décline en dix étapes :

1- choix d'un processus prioritaire (repérage des processus)

Cette première étape a pour but de préciser le cadre de référence de l'étude. Elle est menée afin de répondre à la question :

Quel est le processus prioritaire par lequel il faut commencer et suivant quel critère il doit être choisi ?

Pour repérer les processus, il est commode de dresser une carte des processus de l'organisme. Cette cartographie n'est pas facile à établir car il n'y a pas une réponse unique. Certaines entreprises font un recensement des processus, aboutissant à une liste de 100 à 150 processus, puis font des groupements pour aboutir à une dizaine de processus principaux.

Inutile d'aller trop loin dans le détail pour une cartographie d'ensemble. Sinon il sera difficile de déterminer lesquels ont une importance majeure. A l'inverse, si l'approche est trop globale il sera difficile d'envisager l'amélioration d'un macro processus.

Nous distinguons trois familles de processus :

Les processus de réalisation : ce sont les processus de réalisation des produits et des service ; ils constituent le cœur de métier de l'organisme ;.ils correspondent aux activités qui contribuent directement à fournir ce que les clients attendent (on part d'une commande pour livrer un produit).

Les processus supports : Le résultat de ces processus ne touche pas directement le client, mais il contribue à la bonne marche des autres processus par exemple la gestion des ressources humaines.

Les processus de pilotage :
Ils ont pour but de piloter les autres processus de managements de l'organisation tels que la politique et les objectifs qualité.

Dans l'étude expérimentale que nous avons mené, le périmètre retenu correspond à la première catégorie (processus de réalisation).

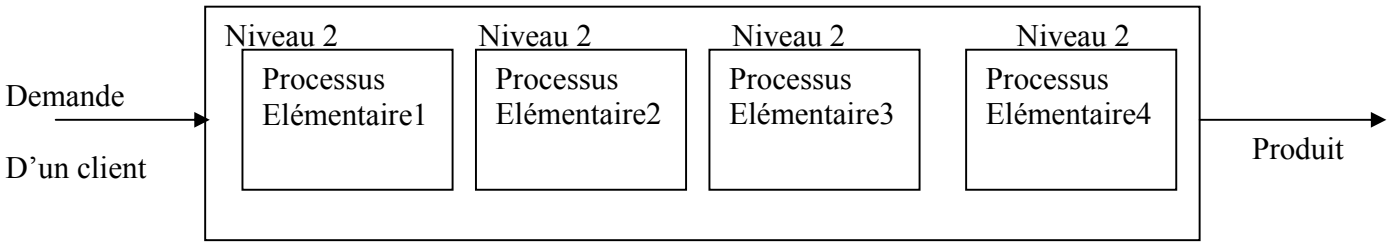
Dans cette première étape, il s'agit de choisir un processus élémentaire sur lequel les efforts seront focalisés (processus prioritaire).

Améliorer les processus se fera ainsi par prototypes successifs, commençant par une expérience pilote qui se généralisera progressivement.

Un macro processus de réalisation (niveau1) est un enchaînement de processus élémentaires qui transforme la demande d'un client en un produit.

Un processus élémentaire contribue à la réalisation du produit destiné au client.

Macro processus de réalisation (Niveau 1)



Pour identifier les processus élémentaires (niveau2), il convient de lister les activités qui se déroulent logiquement pour la réalisation du produit

Le choix du processus élémentaires à améliorer est fait en tenant compte de critères par exemple :

- Importance de l'enjeu pour l'entreprise et ses clients (coûts, délai,..)

- Convergence avec les priorités stratégiques de l'entreprise
- Le goulet d'étranglement au niveau de la production

Pour lancer le projet d'amélioration, il convient de

- designer un pilote du projet : lui désigner un objectif général, une échéance,…
- constituer un groupe projet et définir sa mission : le groupe projet est constitué des acteurs du processus en question. Il est souhaitable de limiter le groupe projet à 5 à 6 personnes en veillant à ce que les différents types d'acteurs soient représentés.
-Définir les modes de fonctionnement et les modalités de validation : Les règles du jeu et les modes de travail du groupe sont définis (fréquence et durée des réunions, rédaction de compte rendu,..).La validation des propositions se fera par un comité de pilotage.

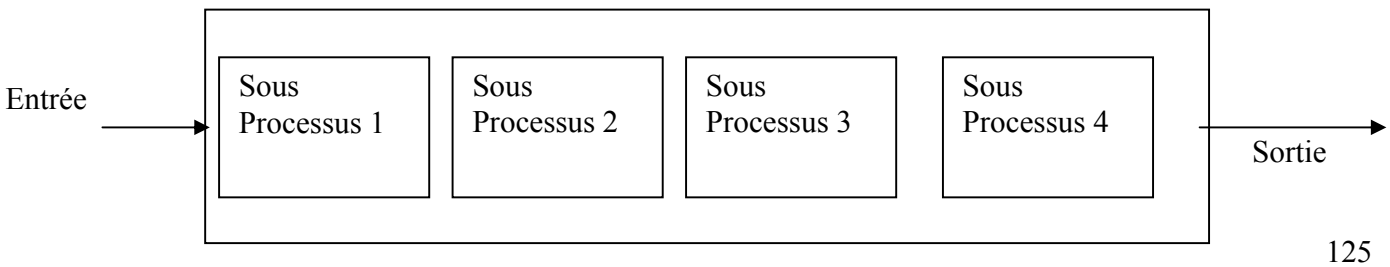
2 - décompositions du processus en activités (sous processus)

Le choix du processus à améliorer étant fait à l'étape1, il s'agit dans cette étape de décrire le fonctionnement de ce processus en le décomposant en activités

Ces activités peuvent être déterminées en répondant à la question suivante

- Quelles sont les sous processus qui concourent à la réalisation du résultat du processus prioritaire retenu ?.

Processus élémentaire prioritaire (niveau 2)



Les activités sont représentées par les sous processus (niveau 2). Cette cartographie de niveau2 a pour but d'affiner le processus retenu à l'étape1.

Cet affinement permettra d'analyser le fonctionnement du processus prioritaire retenu qui est primordiale pour aborder l'amélioration du processus.

3- Indicateurs de performance de chaque sous processus

Un indicateur de performance mesure un écart par rapport à une situation jugée satisfaisante.

Afin de caractériser la performance de chaque sous processus retenu, et de mesurer sa contribution à la réalisation de l'objectif du processus, un ou des indicateurs de performance seront retenus.

Il s'agit dans cette étape de lister d'une manière exhaustive les indicateurs de chaque sous processus.

Activités (sous processus)	**Indicateur**	**Enjeu**
Sous processus 1	**I**11	
	I12	
	I13	
Sous processus 2	**I**21	
	I22	
Sous processus 3	**I**31	
	I32	
Sous processus 4	**I**41	
	I42	
	I43	

4 - Choix des indicateurs de performances de chaque sous processus

En se basant sur l'analyse du fonctionnement de chaque sous processus abordé dans l'étape 2, il s'agit de choisir parmi les indicateurs recensés dans l'étape3, ceux qui ont un impact significatif sur le résultat global.

Activités (sous processus)	Indicateur de performance retenu
Sous processus 1	**I**11
Sous processus 2	**I**21
Sous processus 3	**I**31
	I32
Sous processus 4	**I**41
	I42

5 - Evaluation de coûts de non qualité des sous processus

Pour ce faire, il convient de procéder comme suit:

- Pour chaque sous processus, déterminer la performance attendue
- Mesurer les performances réalisées de chaque sous processus
- Comparer les performances réalisées à celles attendues
- chiffrer le coût de non qualité par sous processus

Performance attendue de chaque sous processus

Pour chaque sous processus ou activité, le niveau prévisionnel de l'indicateur est matérialisé par un objectif (performance attendue)

Activités (sous processus)	Indicateur de performance	Performance attendue (objectif)
Sous processus 1	**I**11	**P**11
Sous processus 2	**I**21	**P**21
Sous processus 3	**I**31	**P**31
	I32	**P**32
Sous processus 4	**I**41	**P**41
	I42	**P**42

Performance réalisée de chaque sous processus

Pour chaque sous processus il s'agit de mesurer la performance réalisée.

Activités (sous processus)	Indicateur de performance	Performance réalisée
Sous processus 1	**I**11	**R**11
Sous processus 2	**I**21	**R**21
Sous processus 3	**I**31	**R**31
	I32	**R**32
Sous processus 4	**I**41	**R**41
	I42	**R**42

Détermination de la non qualité de chaque sous processus

La mesure de la performance réalisée est sa comparaison avec l'objectif, permettra de dégager le niveau de non qualité de l'activité considérée

Sous Processus	Indicateur de performance	Performance attendue (P)	Performance réalisée(R)	Niveau de non qualité (R-P)
Sous processus 1	**I**11	**P**11	**R**11	**NQ**11
Sous processus 2	**I**21	**P**21	**R**21	**NQ**21
Sous processus 3	**I**31	**P**31	**R**31	**NQ**31
	I32	**P**32	**R**32	**NQ**32
Sous processus 4	**I**41	**P**41	**R**41	**NQ**41
	I42	**P**42	**R**42	**NQ**42

Chiffrage du coût de non qualité par sous processus

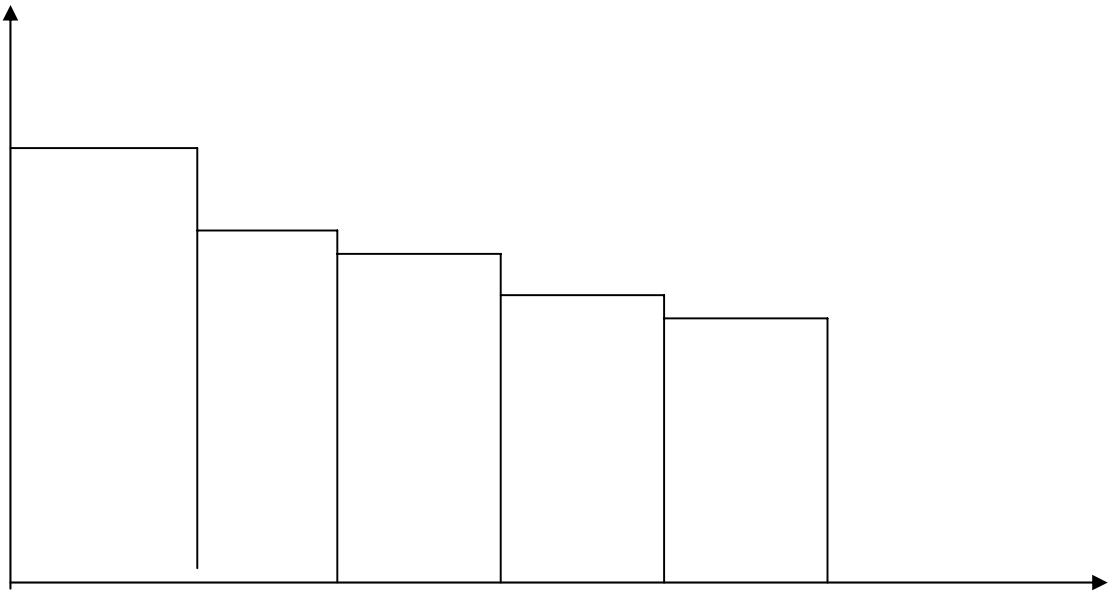
Il s'agit de quantifier les non qualités dégagées au niveau de chaque activité ou sous processus par les coûts.

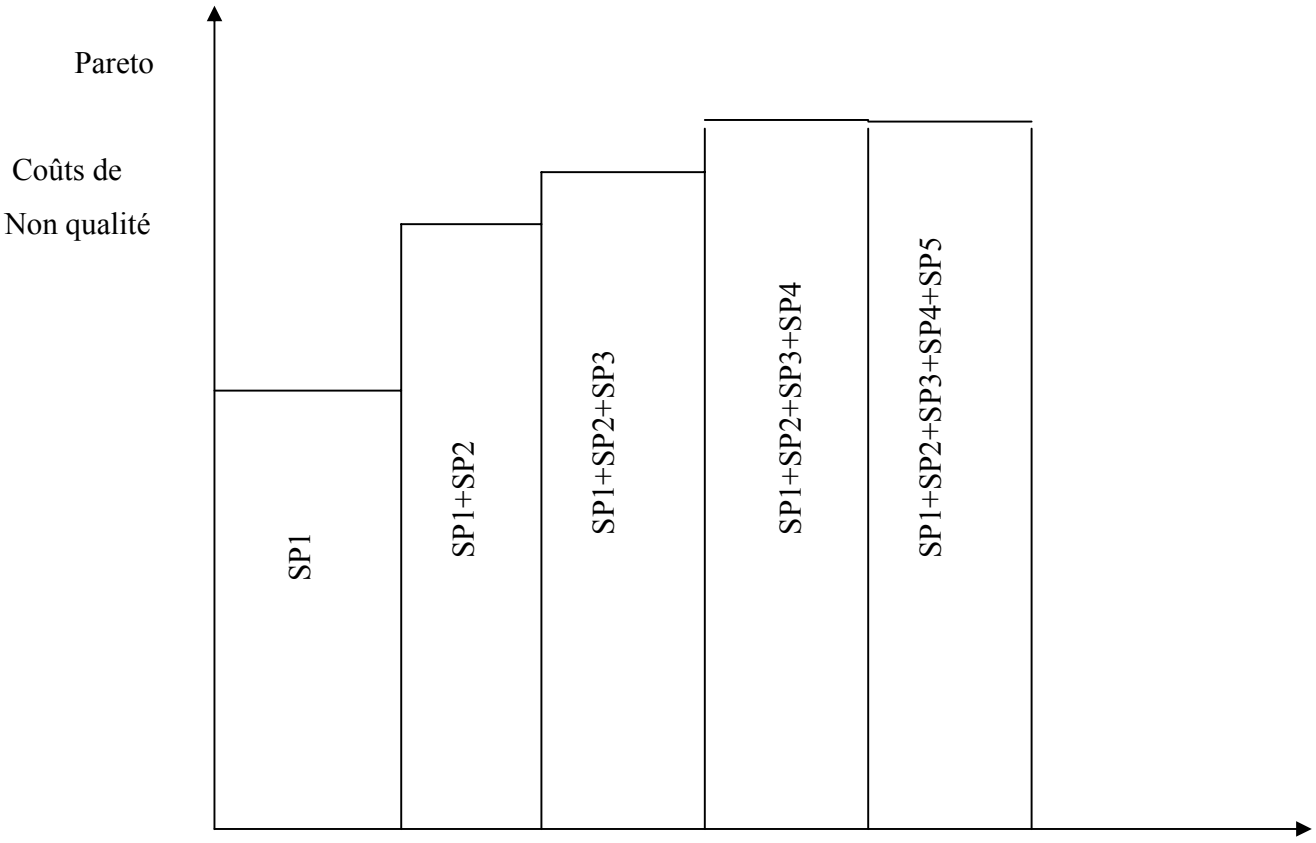
Sous Processus	Indicateur de performance	Performance attendue (P)	Performance réalisée(R)	Niveau de non qualité (R-P)	Coût de non qualité
Sous processus 1	**I**11	**P**11	**R**11	**NQ**11	**CNQ 11**
Sous processus 2	**I**21	**P**21	**R**21	**NQ**21	**CNQ21**
Sous processus 3	**I**31	**P**31	**R**31	**NQ**31	**CNQ31**
	I32	**P**32	**R**32	**NQ**32	**CNQ32**
Sous processus 4	**I**41	**P**41	**R**41	**NQ**41	**CNQ41**
	I42	**P**42	**R**42	**NQ**42	**CNQ42**

6- Hiérarchisation par les coûts de non qualité et identification des sous processus critiques

Cette étape a pour but de répondre à la question :
Que faut –il améliorer ? La sélection des activités critiques se fera sur la base de l'évaluation des coûts de non qualité. Les activités générant des coûts de non qualité importants seront étudiées et analysées en priorité

L'analyse des coûts de non qualité et leur classement par les méthodes ABCA ou Pareto permettre de dégager le ou les processus critiques sur lesquels l'effort d'amélioration doit être concentré.





Les sous processus (SP1e SP2) représentent 80% des coûts de non qualité. Donc sur les 5 sous processus, les efforts d'amélioration seront concentrés sur deux processus.

7 - Analyse et diagnostic des sous processus critiques

Les sous processus critiques ont été retenus sur la base d'une analyse de l'existant, fondée sur la quantification de la non qualité par les coûts et leur hiérarchisation

Cette étape vise à pousser l'analyse au niveau de ces processus critiques pour faire apparaître les dysfonctionnements qui sont à l'origine des non qualités mesurées

Cette analyse doit être menée par une équipe multidisciplinaire en se basant sur l'historique et le retour d'expérience.

L'étude ainsi menée permettra d'identifier pour chaque sous processus les principales causes qui sont à l'origine des dysfonctionnements

Sous processus	Dysfonctionnements	Causes Principales
Sous processus 1	**D**11	**C**11
	D12	**C**12
	D13	**C**13
Sous processus 2	**D**21	**C**21
	D22	**C**22
	D23	**C**23

Pour déterminer les principales causes, des outils tel que le diagramme d'Ichikawa (5M) ou le diagramme des causes sont fortement recommandés.

8 - Détermination des opportunités d'amélioration et plans d'actions :

L'analyse des points de dysfonctionnement et les causes principales permet de définir un nombre d'axes d'amélioration au niveau de chaque sous processus.

Ces axes d'amélioration doivent donner lieu à des actions précises

L'ensemble de ces actions, accompagnées des moyens, des échéances et des acteurs concernés, constituer le plan d'action

sous processus	Axe d'amélioration	Action	Echéance	Moyens	Acteur
Sous processus 1					
Sous processus2					

9-Mise en œuvre du plan d'action

Cette étape vise à mobiliser les moyens nécessaires pour la mise en œuvre des actions retenues selon l'échéancier adopté. Chaque acteur désigné est tenu du suivre la réalisation des actions qui le concerne.

10 - Suivi et évaluation :

Pour le suivi de la réalisation des actions retenues en vue de s'assurer de leur avancement conformément à l'échéancier ou éventuellement identifier les difficultés qui entravent cet avancement, des réunions systématiques doivent être tenues et présidés par le comité de pilotage avec la participation des acteurs de l'équipe multidisciplinaire .

Afin d'évaluer l'efficacité des actions entreprises, un tableau de bord de suivi doit être défini.

Dans ce tableau de bord on doit trouver entre autres ,l'évolution des indicateurs spécifiés dans l'étape 4

La périodicité de ce tableau de bord est mensuelle

Sous processus	Indicateur de performance	Performance attendue	Performance réalisée				
Sous processus1	I11	P11	Mois1	Mois2	Mois3	Mois4	Mois5
	I12	P12	(R11)1	(R11)2	(R11)3	(R11)4	(R11)5
Sous processus	I12	P21	-	-	-	-	-
	I22	P22	-	-	-	-	-

Sur la base de ces réalisations, il convient de mesurer chaque mois la non qualité générée par comparaison à la performance attendue et chiffrer le coût de non qualité correspondant.

Ainsi l'efficacité du plan d'action sera appréciée par une baisse progressive des coûts de non qualité

3.1.2- Aspect organisation et pilotage :

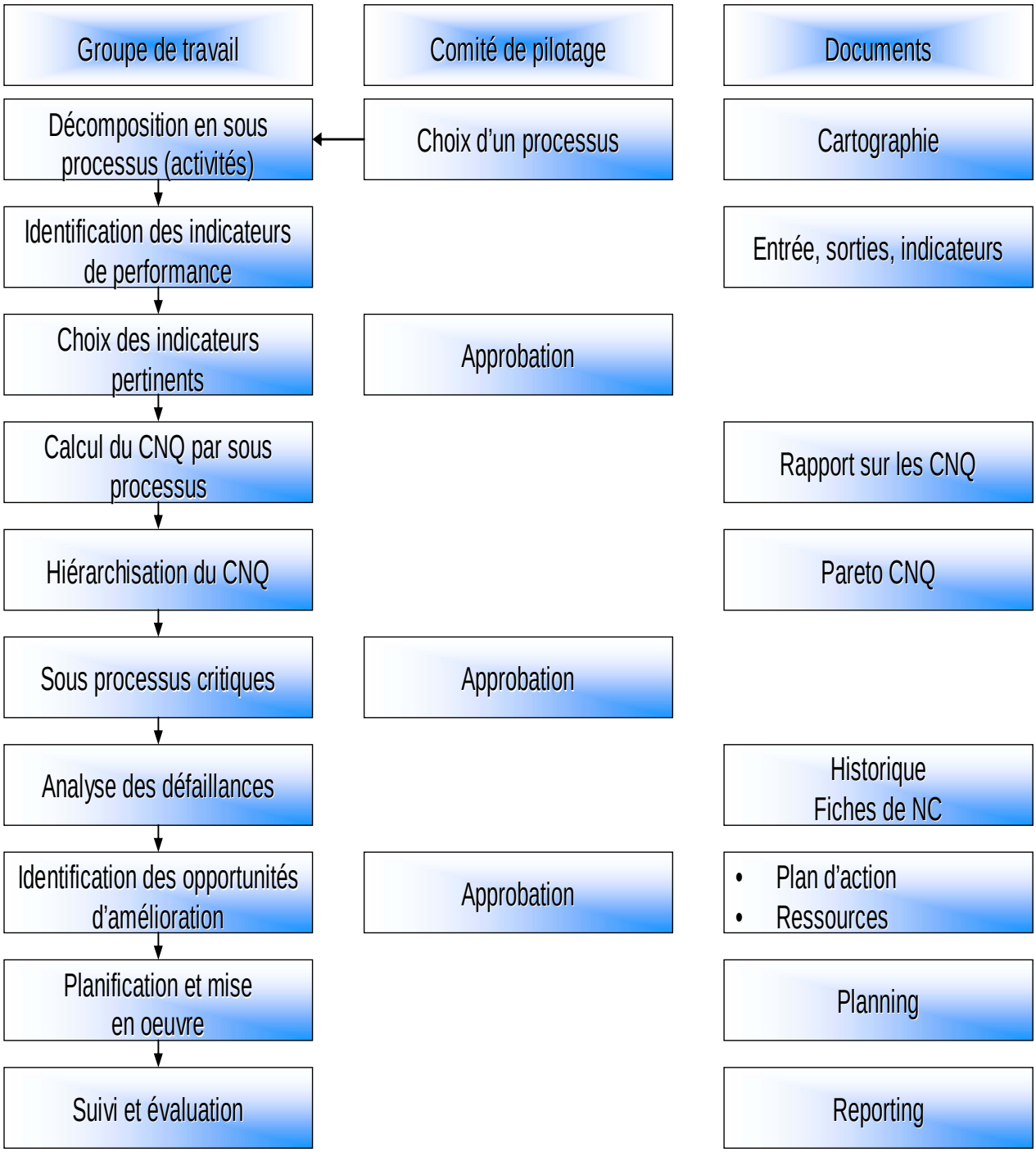
La manière dont est pilotée l'action a un impact important sur son efficacité. Elle doit être abordée dans un esprit d'organisation.

Groupe de travail : il s'agit d'associer les principaux acteurs du processus dans une démarche participative. Ces acteurs doivent être impliqués par un partage des responsabilités.

Comité de pilotage : ce comité a pour rôle de :

- Valider la définition de l'étude et le choix du processus à étudier en priorité
- Préciser la finalité et les objectifs de l'amélioration du processus
- Aider à surmonter les obstacles.

Méthode de pilotage du processus d'amélioration par le CNQ



3.2 Conclusion sur la méthode proposée :

La méthode d'évaluation et de réduction des coûts de non qualité est une réponse au problème posé en terme d'apport de la démarche qualité et adaptation de la méthode COQ à l'approche processus. Elle met en œuvre des aspects d'exploitation et d'analyse volontairement simples. En effet une méthode trop lourde d'utilisation est rapidement vouée à l'abandon par les pilotes des processus.

Cette méthode n'a pas pour objectif d'évaluer et réduire de manière exhaustive tous les coûts de non qualité d'un processus, mais elle permet d'inscrire le pilote et le groupe de travail du processus dans une dynamique d'amélioration continue.

3.2.1 Champ d'application :

Le champ d'application de notre méthode est un processus de production industriel. Elle ne s'intéresse qu'à un seul processus industriel à la fois et n'est donc pas utilisable pour étudier les coûts de non qualité de plusieurs processus qui auraient des interactions et des relations d'interface.

3.2.2 Apports de la méthode :

L'apport de la méthode réside dans sa simplicité qui découle d'une approche dynamique d'amélioration pas à pas et qui se traduit par une obtention rapide de résultats tangibles en terme de gains financiers sur le fonctionnement du processus étudié. En effet, le choix d'un processus prioritaire de taille réduite, permet en un temps court d'identifier les principales sources de non qualité et de mettre en œuvre rapidement des actions d'amélioration.

3.2.3 Limites de la méthode :

La méthode s'applique d'autant mieux que le processus peut être formalisé et décrit par des indicateurs. Elle s'applique difficilement sur des processus de service basé sur un mode informel et dont la mesure par des indicateurs est difficilement envisageable.

3.3 Perspectives de recherche :

Les perspectives de cette recherche peuvent se résumer comme suit :

- La validation de la méthode sur un grand nombre de processus industriels dans des contextes variés,
- Pour rendre simple l'utilisation de la méthode, son informatisation est une voie importante,
- Transposition à des processus de service qui peuvent être caractérisés par des indicateurs.

Conclusion Générale :

Notre recherche s'inscrit dans le cadre de la démarche qualité et en particulier l'aspect mesure des coûts relatifs à la qualité et leur réduction.

Pour mener à bien ce travail et répondre à notre problématique industrielle, un état de l'art retraçant l'historique de l'évolution du concept COQ (coût d'obtention de la qualité) a été élaboré.

Nous avons montré dans notre travail que s'il n y a pas de divergence sur les enjeux des coûts de la qualité, il y a par contre deux courants qui s'affrontent ; L'un préconise une estimation exhaustive du COQ au sein de toute l'entreprise, et l'autre propose de s'attaquer à des problèmes prioritaires.

A travers les expériences de plusieurs entreprises et des contacts avec plusieurs experts, nous avons montré les causes d'échec de la première méthode.

Par conséquent, nous nous sommes inscrit dans le deuxième courant mais avec une orientation vers les processus pour avoir une vision intégrée.

Nous avons présenté un premier modèle générique qui consiste à se pencher sur des processus prioritaires au lieu de problèmes prioritaires.

Plus concrètement, nous avons appliqué ce premier modèle au sein d'un site industriel de fabrication d'acide phosphorique.

Les expériences menées au sein de ce site nous ont renseigné sur l'efficacité de ce modèle, que nous avons pu démontré à travers une corrélation entre les actions entreprises et les résultats obtenus de réduction des coûts de non qualité du processus.

Sur la base de ces expériences, ce premier modèle a évolué pour donner lieu à la méthode proposée.

Cette méthode vise à aider le pilote d'un processus industriel, dans les travaux d'optimisation de son processus , qui visent à atteindre les objectifs fixés au moindre coût en se basant sur la mesure des coûts de non qualité, pour définir un plan d'action approprié.

Bibliographie

1 AFGI — Association Française de Gestion Industrielle, Pilotage et évaluation de la performance industrielle, 1991

2 AFGI — Mise en place d'un système d'indicateurs de performance, 1997

3 AFITEP — Le management de projet principes et pratiques, AFNOR 1998

4 AFNOR — Norme NFX 50-126 , guide d'évaluation des coûts résultant de la non qualité, 1986

5 AFNOR — Norme NFX 50-181-1, défauts de contribution du compte d'exploitation pour les industries et les services, 1994

6 AFNOR — Accord AC X50-182, approches économiques de la qualité, 2004

7 AFNOR — Guide des coûts relatifs à la qualité, AFCIQ 1981

8 ASQC — Quality costs-what and how,1971

9 ASQC — Guide for reducing quality costs, 1977

10 BEN MAHMOUD.L — Mesure et pilotage technico-économique des performances en industrie : analyse critique d'approche méthodologique, thèse de doctorat, école nationale supérieure des mines de Paris, 1994

11 BERTIN.D — Les tableaux de bord dynamiques, Lavoisier 1994

12 BESCOS.P.L,MENDOZA.C — Le management de la performance, Editions comptables Malesherbes 1994

13 BONNEFOUS.C, COURTOIS.A — Indicateurs de performance, Hermès 2001

14 BOUCLY.F — Maintenance: les coûts de la non efficacité des équipements, AFNOR 1988

15 BOUDERBALA.R — La pertinence du coût de non qualité et son utilisation dans le contrôle organisationnel, thèse de doctorat, Université de Rennes1, 1994

16 BRACHET.D, THIBAULT.D — Indicateurs de maintenance, CETIM 2000

17 BRILMAN.J — Les meilleures pratiques de management, Editions organisation 1998

18 CAMPANELLA — Principles of quality costs,ASQ quality press,1999

19 CATTAN.M — Guide des processus, Afnor, 2005

20 CATTAN.M,IDRISSI.N,KNOCKERT.P — Maîtriser les processus de l'entreprise. Guide pratique, Edition organisation, 1998

21 CHAUVEL.AM — Qualité : facteur d'économie, Qualité magazine 1988

22 CHAUVET.A — Méthodes de management, Editions d'organisation 1999

23 CHAPEAUCOU.R — Techniques d'amélioration continue en production, Dunod1998

24 CHEVALIER,F — L'histoire véritable des CQ, thèse de doctorat en sciences de gestion, HEC Paris 1989

25 CHRISTOFOL.H — Modélisation systémique du processus de conception de la coloration d'un produit, thèse de doctorat LCPI ENSAM 1995

26 COGORDAN J.C, WEILL.M — Pour une stratégie de démarche qualité par la maîtrise progressive des processus, actes des 14ème journées nationales des IAE, Nante1998

27 CORIAT — Penser à l'envers, 1991

28 CROSBY.P — la qualité est gratuite, 79

29 CROSBY.P — Cutting the cost of quality, The quality college Bookstore, 1990

30 CROSBY.P — La qualité sans larmes. Economica, 1988

31 D. SHAININ — les 7 outils Shainin de la qualité, 1997

32 DEMING.E — Out of the crisis, Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study, Cambridge MA,1986

33 DETRIC.P — Le client retrouvé, Editions d'organisation 1998

34 DOYLE.D — La maîtrise des coûts, une approche globale. Edition organisation, 1996

35 FAVRY.J — L'entreprise de la valeur, Editions d'organisation 2001

36 FEIGENBAUM.A.V — Total quality control “Harvard business Review – December 1956 (pp 93 – 101).

37 FEIGEN BAUM.A.V — Total quality control,3rd. Ed.,Mc Graw-Hill Book Company, 1983

38 FORTIN.M.F — Le Processus de la recherche, Decarie éditeur 1996

39 FRECHER.D, SEGUOT.J, TUZZOLINO.P — 100 questions pour comprendre et agir sur les processus, AFNOR 2003

40 GARVIN.D.A — Managing Quality, The free press, New York 1988

41 GHERTMAN.M — Le mangement stratégique de l'entreprise, Que sais je 1999

42 GOGUE.J.M — Qualité et productivité, même combat, Editions du Moniteur 1987

43 GOGUE.J.M — Les six samouraïs de la qualité, les hommes qui ont fondé le management moderne, Economica 1990

44 GOGUE.J.M — La maîtrise de la qualité, Economica 1991

45 GOGUE.J.M — Le paradigme de la qualité, Economica 1997

46 GOGUE.J.M — Traité de la qualité, Economica 2000

47 GRAY.J — Quality costs: A report Card on Business, Quality Progress,1995

48 GRANGE.P — Piloter les coûts des produits industriels, Dunod 1996

49 GREISING.D — Article business week, how to make it pay,1994

50 HARRINGTON .J — le coût de non qualité « Editions EYROLLES » 1990

51 HARRINGTON.J — Business processus improvement, the breakthrough strategy for total quality,productivité and competitiviteness, Mc Graw Hill, 1991

52 HERMEL.Ph — Qualité et management stratégique, du mythique au réel, éditions d'organisation 1989

53 HUBERC.J.P — Guide des méthodes de la qualité, Editeur Dunod, 1998

54 IMAI — KAIZEN 1992

55 INTERNET — http://www.afnor.r,anaes.fr,certifnet.com,esoe.org,gifas.asso.fr/qualifas,industrie.gouv.fr,iseor.fr,iso.ch,mfq.asso,fr,cofrac.fr,efqm.org,eoq.org,

56 ISHIKAWA.K — la gestion de la qualité,outils et applications pratiques,Dunod 1984

57 ISHIKAWA.K — TQC ou la qualité à la japonaise, AFNOR 1984

58 ISO — ISO/TR 10014,rapport technique, lignes directrices pour le management des effets économiques de la qualité,1998

59 J.T GODFREY et W.R.PASEWARK controlling quality cost » Management accounting, march 1988 (pp 48-50)

60 JOLY.M, MULLER.J.L De la gestion de projet au management par projet, AFNOR

61 JONINON.R Expérimentation d'une méthode d'utilisation des coûts qualité, Mastere ENSAM 94-95

62 JOUCOUP.P Au cœur du changement, une autre démarche de management : la qualité totale, Dunod 1992

63 JOUCOU.P, MEYER.P La logique de la valeur, 1996

64 JURAN.J.M Gestion de la qualité, AFNOR 1983

65 JURAN.J.M Qualité control handbook, 1951

66 JURAN.J.M, GRYNA.F.M Quality planning and analysis, third edition Mc Graw Hill 1993

67 KAPLAN.R, NORTON.D Comment utiliser le tableau de bord prospectif, Editions d'organisation 2001

68 KELADA Pas de réingineering sans qualité totale, Expansion management review 1994

69 KOLB.F La qualité, essai sur l'évolution des pratiques de management, Vuibert 2002

70 KONDO La maîtrise de la qualité dans l'entreprise

71 LE GALL.J, NOTIS.M.H Conduire le progrès, la méthode ISO Plus, référentiel et outil d'évaluation, AFNOR 2002

72 LORINO.P Le pilotage de la performance par les processus et les compétences, Economica 2001

73 LORINO.P Méthodes et pratiques de la performance, éditions d'organisations, 2000

74 MARRIS.P Le management par les contraintes en gestion industrielle, Editions d'organisation 1994

75 MATHIEU.S Anticiper les normes ISO 9000, version 2000, AFNOR 2000

76 MAYEUR.S Guide opérationnel de la qualité, Maxima 2004

77 MINTZBERG.H Structure et dynamique des organisations, Editions d'organisation 1998

78 MOUGIN, Y La cartographie des processus maîtriser les interfaces, Editions d'organisation 2002

79 NOUIGA. M — La conduite du changement par la qualité dans un contexte socioculturel. Thèse de doctorat, ENSAM, Paris, 2003.

80 NOYE.D — L'amélioration participative des processus, INSEP Consulting 2002

81 NOYE.D, HERNIAUX.G — Organiser et améliorer les processus, Edition INSEP, 1996

82 PERIGORD.M — Réussir la qualité totale, Editions d'organisation 1993

83 PETERS.T, WATERMAN.R — Les huit leviers de la performance, Dunod 1999

84 PERIGORD.M — Du management de projet à la qualité totale, 1990

85 PLANE.J.M — Théorie des organisations, Dunod 2000

86 PONS.N — Evaluation des coûts de non qualité à la caisse d'épargne de France Paris, Mastère qualité LCPI ENSAM 1994

87 PORTER. M — L'avantage concurrentiel, Interéditions, 1986

88 ROUVEYRAN.J.C — Le guide de la thèse, Edition Maisonneuve et larose 1999

89 SAVALLE.H, ZARDET.V — Maîtriser les coûts et les performances cachées, Economica 1995

90 SHEWHART W.A — Economic control of quality of manufactured product. Van Nostrand Company Inc, Princeton NJ, 1931

91 SHEWHART W.A — Les fondements de la maîtrise de la qualité, Economica 1989

92 SHIBA, GRAHM, WALDEN — quatre révolutions du management par la qualité totale, Editeur Dunod, 1997

93 STORA .G, MONTAIGNE.J — La qualité totale dans l'entreprise, éditions d'organisations, 1986

94 SUPIZET.J — Le management de la performance durable selon les modèles et les principes fondamentaux de l'excellence, Editions d'organisation,2002

95 TEBOUL.J — La dynamique qualité, éditions d'organisation, 1992

96 W.BREYFOGLE — Managing six sigma, 1999

97 WEILL.M — Le management de la qualité, collections repères, Editions la découverte 2001

ANNEXES

Division Maroc Phosphore 1

Rapports annuels de production

Exercices 2000 – 2001 – 2002

Sommaire

- Commentaires généraux
- Productions et performances
    - Energie et fluides
    - Sulfurique
    - Phosphorique
    - Engrais
- Synthèse
- Echanges
- Bilan matières auxiliaires
- Atelier énergie et fluides
- Atelier central de gestion de soufre
- Production d'acide sulfurique
- Atelier phosphorique
    - Réaction et filtration
    - Concentration
    - Stockage et clarification
- Production engrais

- DESCRIPTION DU PROCESSUS D'UN ECHELON CAP NISSAN

-

Les unités de concentration d'acide phosphorique NISSAN, de Maroc Phosphore I (CAP AL), qui se composent de 09 évaporateurs (échelons) identiques partagés par groupes de 03 sur 03 lignes (LA, LB et LD) marchent actuellement indépendamment l'un de l'autre et chacun concentre l'ACP 28% à 54% en poids de P_2O_5.

Chaque échelon comprend les équipements suivants :

Chaque échelon comprend les principaux équipements suivants :

- Bouilleur,
- Échangeur thermique (tubulaires en graphite),
- Pompe de circulation,
- Condenseur des gaz,
- Unité à vide,
- Garde hydraulique,
- Pompe de transfert,
- Pompe à condensat,

Lors des campagnes de production d'acide phosphorique désulfaté et surconcentré, un échelon est réservé pour la surconcentration de l'acide de 52% à 58% P_2O_5.

Un échelon sert à concentrer l'acide suite à une évaporation d'eau sous un vide de 60 à 80 tors et une température de 75 à 84°C. La séparation des gouttelettes d'acide des gaz est obtenue dans le bouilleur après circulation de l'acide à travers les 409 tubes de l'échangeur qui assure l'échange thermique indirect en utilisant la vapeur dite secondaire (0,75 bars) produite au niveau de transformateur de vapeur.

Les buées crées sont aspirées à l'aide des éjecteurs à vapeur et condensées par l'eau de mer puis évacuées vers la mer via une garde hydraulique.

Le débit d'acide produit, sortant au niveau de la colonne DN 800 située au-dessous du bouilleur, est réglé en fonction de la densité demandée en maintenant la température et le niveau d'acide constants dans le bouilleur.

Il s'ensuit, cependant, un encrassement des échelons ayant pour conséquence une réduction de transfert de chaleur et la réduction de la cadence de production de l'échelon.

Aussi, il est nécessaire de faire un lavage périodique à l'aide de l'eau chaude mélangée avec l'acide sulfurique (3% à 5%) pendant une durée de 8h à 10h après 168 heures de marche**.**

Processus de lavage

Procédure:

- ☞ Remplissage de l'échelon jusqu'à 60% en eau chaude (40°C)
- ☞ Démarrage de la pompe de circulation et à condensat
- ☞ Chauffage de l'échelon jusqu'à 85°C
- ☞ Alimentation de l'échelon en eau acidulée (5% H2SO4)
- ☞ Démarrage du circuit ouvert (30% et 54%) vers stockage durant 10h

Processus REMPLISSAGE

Procédure:

- ☞ Disponibiliser l'échelon
- ☞ Préparer le circuit de remplissage en ACP 54% à travers la rampe du lavage
- ☞ Démarrer la pompe de remplissage au niveau du stockage
- ☞ Remplir l'échelon jusqu'à 80%

Processus chauffage et démarrage

Procédure:

- ☞ Démarrer la pompe de circulation et à condensat
- ☞ Démarrer l'unité à vide
- ☞ Ouvrir vers égout la vanne à trois voies
- ☞ Ouvrir la vanne manuelle de vapeur
- ☞ Ouvrir la vanne pneumatique de vapeur pour chauffage de l'échelon en fonction de son vide
- ☞ A la température 85°C et un vide de 80 mmHg, démarrer la production

Processus de production

Procédure:

- ☞ Le niveau dans la boucle doit être maintenu constant à 80%, par la fonctionnement automatique de la vanne pneumatique d'appoint d'ACP 30%
- ☞ Le vide est à maintenir à 80 mmHg avec une pression d'eau de mer 2,3 bars et 4,5 bars pour la vapeur primaire
- ☞ Contrôler la densité de l'ACP au bout de chaque heure et agir sur le débit de production en fonction de la densité trouvée afin de maintenir la densité demandée par le stockage
- ☞ Maintenir la pression de vapeur secondaire à 0,75 bars

Processus arrêt et vidange

Procédure:

- ♦ Arrêt de la pompe d'alimentation en ACP 30% et fermeture de la vanne d'appoint
- ♦ Arrêt de la production de l'échelon
- ♦ Fermeture de la vapeur
- ♦ Arrêt de l'unité à vide
- ♦ Arrêt de la pompe à condensat et de circulation
- ♦ Vidange de l'échelon en ACP concentré vers le stock par la pompe de vidange 03DP36bis

Suivi des performances de la CAP NISSAN

Processus	Anomalies ou Défaillances	
Production	✓ Pertes de condensats vers égout ✓ Fuites de vapeur ✓ Dégradation de la productivité (manque à produire) ✓ Titre P_2O_5 bas à la sortie ✓ Perte par entraînement (impact rendement global) ✓ Débit condensats faible (encrassement échangeur) ✓ Fuites acide sur le circuit ✓ Bouchage du circuit d'entrée et sortie ✓ Fréquence de vidange et remplissage élevée	✓ Débit faible à l'entrée ✓ Titre acide à l'entrée (faible) ✓ % sel en acide à l'entrée élevé ✓ Encrassement de l'échangeur ✓ Défaillance équipement ✓ Consommation spécifique de vapeur élevée ✓ Manque de vapeur ✓ Prises d'air (détérioration des parois des équipements ébonités) ✓ Faible pression d'eau de mer ✓ Faible pression de vapeur 4,5 bars
Lavage	✓ Interruption fréquente du lavage ✓ Perte d'eau de lavage (non récupérée) ✓ Température et pression d'eau de lavage (Insuffisance)	✓ Consommation d'eau élevée ✓ Consommation d'acide sulfurique insuffisante ✓ Cycle du lavage élevé
Remplissage	✓ Fuite d'acide circuit d'alimentation ✓ Indisponibilité de la rampe de remplissage	✓ Fausse indication du niveau dans le bouilleur
Chauffage	✓ Variation du vide (prise d'air, Pression vapeur primaire faible) ✓ Fausse indication température	✓ Encrassement échangeur ✓ Entraînement acide ✓ Débit vapeur primaire (instabilité)
Démarrage	✓ Fuite d'acide circuit de production ✓ Défaillance des vannes ✓ Bouchage du circuit de production	✓ Défaillance des pompes transfert ✓ Faible débit d'acide d'appoint
Arrêt et Vidange	✓ Indisponibilité de la rampe de vidange ✓ Indisponibilité de la pompe 36 bis de vidange	✓ Perte d'acide (récupération vers la fosse) ✓ Non étanchéité des vannes d'isolement

RAPPORT MENSUEL

DES UNITES CONCENTRATION NISSAN

MOIS SEPTEMBRE 2002

I) Résultats

Les unités NISSAN de concentration d'acide phosphorique (CAP AL) ont réalisé courant le mois sept 2002 une production de 22621 T P_2O_5 avec un taux de disponibilité de 81%, un taux de fonctionnement de 63% et une productivité de 5,58 T P_2O_5/h/échelon, (voir tableau N° 1 et tableau ci-après regroupant les résultats des 09 premiers mois de l'année)

	janvier	Février	mars	avril	mai	juin	juillet	Août	sept
Production	19769	15411	24353	21033	25739	25539	28601	16670	22621
Taux de fonctionnement	64,59	56,35	75,27	70,22	74,18	75,60	77,42	45,79	62,55
Taux de disponibilité	76,47	66,67	84,18	81,23	83,15	83,07	91,07	66,62	80,73
Taux disponibilité mécanique	76,90	88,92	89,61	81,99	83.51	86,92	91.37	66,86	80,90
Productivité T P_2O_5/h/échelon	4,56	4,52	4,83	4,62	5,18	5,21	5,52	5,50	5,58

II) Analyses et commentaires

Le taux de disponibilité mécanique réalisé courant le mois septembre 2002 est faible par rapport au taux de disponibilité des sept derniers mois, suite à l'arrêt de la ligne D pour révision, travaux mécaniques sur le grand laveur de l'échelon A2 et changement de l'échangeur de chaleur de l'échelon D3;

Le taux de disponibilité global de 80,73 réalisée courant le mois septembre 2002 s'explique par les évènements suivants :

1. Arrêt de l'échelon A2 pour travaux sur le grand laveur, (428h d'arrêt)
2. Prolongement de l'arrêt de la ligne D pour révision (288h d'arrêt)
3. Arrêt de l'échelon D3 pour changement de son échangeur de chaleur (181h d'arrêt)
4. Travaux de caoutchoutage sur la paroi du bouilleur de l'échelon B1 (73h d'arrêt)
5. Intervention mécanique sur les pipes des échelons, A3 (10h), B2 (46h) et D1 (13h), soit un total de 69 h d'arrêt.
6. Arrêt pour réparation des conduites en plastic (65h d'arrêt).
7. Intervention sur les pompes de circulation (18 h d'arrêt).
8. Étanchement de fuites et changements des compensateurs défectueux (17h d'arrêt).
9. Intervention sur les pompes à condensat (15h d'arrêt).
10. Interventions par soudures sur les circuits de vapeur ou condensat (12h d'arrêt).
11. Intervention sur la ceinture d l'échangeur de l'échelon A3 (10h d'arrêt).
12. Étanchement de fuites : circuits acide (15h d'arrêt) et circuits vapeur (7h d'arrêt).
13. Intervention mécanique sur les vannes d'acide (4h d'arrêt).

Taux de réalisation des travaux de révision de la CAP- LD

Travaux demandés	Réalisation	
	Oui	**Non**
☞ Ajuster les circuits d'ACP 30% à l'entrée LD et au niveau D1	**X**	
☞ Changer l'emplacement de la vanne automatique DN150 (227).	**X**	
☞ Changer l'emplacement du ballon à condensat secondaire LD		**X**
☞ Changer la partie supérieure du GL du D3		**X**
☞ Changer la vanne DN 250 entrée vapeur du D3		**X**
☞ Changer le tronçon DN 500 fuyard de l'eau de mer alimentant la CAP-LD		**X**
☞ Changer les 04 vannes DN 25 des purges du 03DE09		**X**
☞ Changer les manchettes des éjecteurs 3ème et 4ème du D1		**X**
☞ Changer les vannes des éjecteurs DN 20 par DN 25 comme prévu initialement.		**X**
☞ Changer les vannes DN 50 retour condensats primaires vers la bâche 21DD05		**X**
☞ Changer les vannes DN 150 retour condensats primaires vers la bâche 21DD05	**X**	
☞ Démonter les PV du réchauffeur 03DE09 et tamponner les tubes fuyards.		**X**
☞ Démonter les PV du transformateur 03DH01 et tamponner les tubes fuyards	**X**	
☞ Éliminer fuite de vapeur au niveau bridage du dégazeur LD.	**X**	
☞ Remonter la réduction 65/100 de la vanne à trois voies de l'échelon D3	**X**	
☞ Remonter la réduction 65/100 de la vanne à trois voies de l'échelon D1		**X**
☞ Souder les fuites de vapeur au niveau des éjecteurs	**X**	
☞ Souder les fuites sur la conduite retour primaire (tronçons à changer)		**X**
☞ Supporter le circuit d'ACP 30% à l'entrée des échelons LD	**X**	
☞ Souder piquage casse pression		**X**
☞ Souder support conduite d'eau de mer		**X**
☞ Changer l'emplacement de la vanne casse pression		**X**

Les nombres d'arrêt et les fréquences de vidange et remplissage des échelons enregistrés durant le mois de septembre 2002, sont présentés comme suit :

Mois sept	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	D_1	D_2	D_3
Fréquence de vidange et remplissage enregistrée	4	1	5	5	6	5	7	6	4
Nombre d'arrêts enregistrés	9	3	13	20	24	17	12	16	8
Nombre d'arrêts normaux (pour lavage)	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Les fréquences de vidange et remplissage et les nombres d'arrêt enregistrés durant les 9 premiers mois de l'année 2002 sont regroupés dans les tableaux suivants :

1. Fréquences de vidange et remplissage

	Échelons								
Mois/2002	A1	A2	A3	B1	B2	B3	D1	D2	D3
Janvier	4	-	5	5	8	5	4	4	5
Février	2	-	-	4	4	3	3	3	4
Mars	4	3	4	8	7	9	3	3	6
Avril	8	5	4	4	4	6	5	6	5
Mai	8	6	4	5	4	5	4	5	5
Juin	1 (*)	6	4	4	3	5	4	3	4
Juillet	5	6	5	4	5	6	6	3	5
Août	6	3 (**)	6	5	4	5	2 (*)	2 (*)	2 (*)
Sept	4	1	5	5	6	5	7	6	4

(*) Échelon A1 en révision du 31/05/02 au 26/06/02

Échelons LD en révision à partir du 11/08/02 jusqu'au 04 /09/2002.

(**) Échelon A2 à l'arrêt pour changement de la partie inférieure et réparation de la partie supérieure du son grand laveur condenseur à partir du 29/08/02

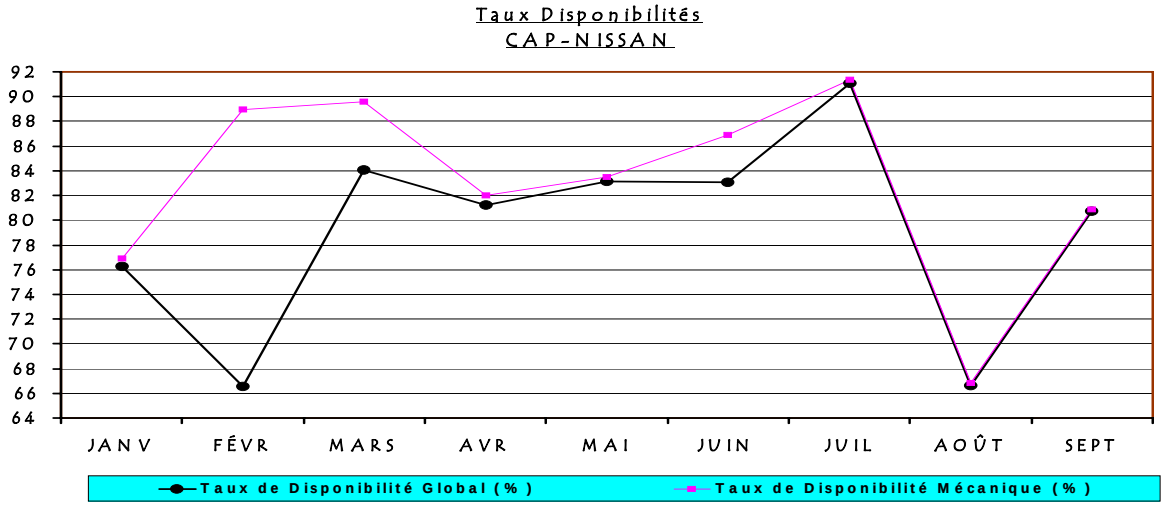
2. Nombre d'arrêts

Mois/2002	Échelons								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	D1	D2	D3
Janvier	23	-	22	36	37	27	16	19	11
Février	18	-	-	19	18	15	13	16	18
Mars	20	13	14	20	18	24	11	14	14
Avril	20	11	9	6	12	28	15	18	16
Mai	15	10	7	18	8	14	14	19	22
Juin	4	17	13	16	16	15	14	13	15
Juillet	16	22	16	9	16	10	16	10	16
Août	13	10	17	17	7	17	5	8	5
Sept	9	3	13	20	24	17	12	16	8

Les arrêts pour interventions mécaniques durant les neuf premiers mois de l'année 2002 ont évolué comme suit :

TRAVAUX	Durée d'arrêt (en heures)								
	Janv.	Fév.	mars	avril	mai	Juin	Juil	août	sept
Intervention sur ceintures des échangeurs de chaleur	141	134	27	7	42	14	29	9	10
Étanchement fuites et changement des compensateurs défectueux	60	43	84	51	22	12	23	8	17
Étanchement fuites sur boucles et sur les conduites d'ACP	12	14	57	44	15	22	1	7	15
Intervention sur les pipes	23	107	24	76	59	23	33	0	69
Intervention sur les colonnes DN 800	79	0	0	2	6	0	8	3	0
Intervention sur les colonnes DN 900	0	0	24	19	42	0	5	386	0
Intervention sur les coudes DN 800	17	32	0	24	10	8	2	0	5
Intervention sur les coudes DN 900	0	0	0	0	3	55	0	0	0
Intervention sur les bouilleurs	0	170	93	323	335	106	212	132	73
Intervention sur les cônes des échangeurs	0	60	42	9	0	0	0	0	0
Intervention sur la manchette DN 900	0	0	0	0	0	55	0	0	0
Intervention sur les laveurs condenseurs	0	0	0	1	0	0	0	4	452
Intervention sur les tubes des échangeurs de chaleur	27	0	24	61	0	38	50	42	0
Intervention sur les pompes de circulation	60	40	90	110	38	15	29	8	18
Intervention sur les pompes transporteuses	44	4	24	9	12	13	13	0	3
Intervention sur les pompes à condensats	48	23	25	34	28	41	8	12	15
Intervention sur les pompes 31 de condensats secondaires	0	0	0	0	51	0	0	0	0
Intervention sur les vannes d'acide	2	3	5	13	20	6	18	8	4
Intervention sur les vannes de vapeur	0	1	5	0	0	0	0	44	0
Travaux de soudure sur circuits de vapeur	24	21	33	36	90	43	1	3	7
Intervention sur circuits plastiques	12	14	13	67	54	33	83	37	65
Travaux mécaniques sur circuit d'ACP à l'unité 04	19	0	7	40	3	54	21	0	4

Évolution du taux de disponibilité mécanique et du taux de disponibilité global durant les 9 premiers mois de l'année 2002



La situation des tubes, bouchés par le gypse, des échangeurs de chaleur est présentée dans le tableau N°2.

III) Réalisations :

- Débouchage de 63 tubes de l'échangeur de l'échelon A2.
- Montage d'un nouvel échangeur de chaleur sur l'échelon D3.
- Réparation et reébonitage localisés de la paroi interne du bouilleur de l'échelon B1,
- Poursuite de l'exploitation du bac de récupération des condensats secondaires installé sur les échelons de la ligne D
- Poursuite du soutirage de condensats issus des 03 échelons D1, D2 et D3 à l'aide de deux pompes au lieu de 03 pompes comme prévu initialement,
- Changement de la partie inférieure du grand laveur de l'échelon A2.

IV) Difficultés rencontrées :

- Insuffisance de l'acide sulfurique injecté lors des lavages à l'eau chaude à cause de la réduction du diamètre de la conduite DN 25 occasionnée par son encrassement par les sulfates,
- Fuites fréquentes sur la tête mélangeuse du circuit d'injection d'acide sulfurique lors des lavages,

- ☞ Difficulté de suivre les températures et les conductivités par manque d'enregistrement,
- ☞ Manque de lampe de signalisation des équipements tournants,
- ☞ Fuites fréquentes entre brides des éléments des boucles de concentration et entre brides des circuits d'alimentation et de production d'ACP, dues à l'insuffisance de la boulonnerie : (voir situation actuelle présentée sur tableau N°3) : Ces fuites fréquentes ont pour conséquence la dégradation des équipements en acier ordinaire : viroles des échangeurs, conduites de vapeur et de condensats, conduites d'eau filtrée, etc. …
- ☞ Fuites fréquentes de condensats sur les pompes à condensats notamment des échelons A1, B2, A2 et D2
- ☞ Fuites fréquentes de condensats sur conduites en acier ordinaire aux aspirations et aux refoulements des pompes à condensats des échelons
- ☞ Difficulté de maîtrise du vide suite aux fuites de vapeur à travers des vannes DN 25 d'isolement des éjecteurs

V) Recommandations

Pour améliorer d'avantage, la marche des CAP-AL, il a lieu de :

- ☞ Poursuivre le débouchage des tubes des échangeurs de chaleur : principalement l'échangeur de l'échelon B3.
- ☞ Ne pas dépasser le cycle de marche de 168h entre deux lavages successifs.
- ☞ Maintenir le nombre d'heures de lavage effectif à 10h.
- ☞ Remplacement des conduites DN25 d'injection d'acide sulfurique par des conduites DN 80 ou DN 50.
- ☞ Remplacement de la tête mélangeuse H_2SO_4 – eau de lavage.
- ☞ Aménagement et remise en état des chemins de câbles des CAP.
- ☞ Activer l'approvisionnement en éléments de la boucle, notamment les pipes, demandées, par DAX, et à confectionner en UB6 selon plan.
- ☞ Revoir la tenue du revêtement en ébonite des bouilleurs, et procéder aux interventions définitives sur les bouilleurs à fréquence de réparation élevée, notamment le bouilleur D2 qui présente une tôle affaiblie, implosée du côté Nord et qui a connu deux immobilisations durant les 07 premiers mois de l'année 2002.

- Assurer l'étanchement de la boucle par :
  - L'équipement des brides des éléments des boucles par des joints adéquats.
  - L'action de compléter la boulonnerie des éléments des boucles et des circuits de mouvement d'ACP (voir situation boulonnerie au tableau N°3)
- Améliorer la qualité de l'acide phosphorique alimentant les CAP AL ($\%P_2O_5$ à maximiser ; % sel à minimiser) produit par les lignes réaction- filtration.
- Remettre en état les voyants des bouilleurs.
- Pour assurer un suivi rigoureux de la marche des échelons et anticiper sur les problèmes, il y a lieu de :
  - Poursuivre l'installation et/ou la remise en état les équipements de régulation des échelons de concentration, notamment **:**
    - Débitmètres pour entrée d'ACP 30% dans les lignes (03 428)
    - Les sondes des températures d'acide sortie échangeur et de la vapeur sorties transformateurs
    - L'enregistrement en permanence, des paramètres de marche et de sécurité : températures, conductivités, …
  - Remettre en état les vannes DN 15 de rinçage des capsules des prises de niveau dans les bouilleurs.
  - Remplacement de vanne DN 50 défectueuse installée sur les prises de niveaux dans les bouilleurs,
  - Remise en état des lampes de signalisation des équipements tournants,
  - Remplacement des vannes défectueuses, d'admission de la vapeur dans les éjecteurs des unités à vide,
  - Emplacement des vannes à trois voies au 1^{er} étage sur les circuits de refoulements des pompes à condensats LA/B,
  - Respect de contrôle by mensuel de fonctionnement et étanchéité des vannes à trois voies.
  - Procéder à l'étalonnage systématique des débitmètres 03 418 d'acide produit par les CAP NISSAN**.**

CONCEPTION D'UN OUTIL DE MESURE ET DE REDUCTION DES COUTS DE NON QUALITE : APPLICATION AU PILOTAGE DES PROCESSUS INDUSTRIELS.

RESUME :

La compétitivité impose une dure loi aux entreprises : l'obligation d'une gestion rigoureuse en éliminant toutes les types de gaspillages. Parmi les causes de gaspillages et donc de non compétitivité, il y a les coûts de non qualité. Des statistiques avancent entre 10 à 20% du chiffre d'affaires. Les coûts de non qualité sont dus à l'ensemble des anomalies, rebuts, retouches, réparation, etc. La réduction de ces coûts est un des axes stratégiques de toute entreprise soucieuse de sa pérennité. Afin de résorber efficacement ces coûts, il est indispensable de commencer d'abord par leur identification et évaluation, car le système comptable normal ne mesure pas ces coûts. En effet les systèmes traditionnels qui calculent les coûts par produit ne permettent pas de déterminer l'effet économique des améliorations introduites par la démarche qualité dans le processus de production. Cette recherche a pour objectif de proposer une méthodologie pour évaluer et réduire les coûts de non qualité. Pour la validation de certaines hypothèses, des expérimentations sont conduites en entreprise. En particulier, un processus industriel continu a été choisi au sein du groupe OCP. Dans une première partie, nous posons la problématique en faisant l'état de l'art sur les démarches COQ, et nous formulons deux hypothèses permettant de répondre à cette problématique. La deuxième partie, intitulée expérimentation vise à valider nos hypothèses sur un cas industriel. A partir des résultats de la démarche expérimentale, nous concluons, en troisième partie en proposant une méthode d'évaluation et de réduction des coûts de non qualité orientée vers les processus.
Mots-clés : *coût, qualité, processus, mesure, amélioration continue*.

CONCEPTION OF A TOOL FOR MEASURE AND REDUCTION OF THE QUALITY COSTS: CASE OF THE PILOTING OF INDUSTRIAL PROCESSES.

ABSTACT:

The competitiveness imposes a big challenge to companies: to have a rigorous management by eliminating all types of wasting. Among the causes of wasting and thus not competitiveness, there are the quality costs. Quality costs are the costs associated with preventing, finding, and correcting defective work. These costs are huge, running at 20% - 40% of sales. Many of these costs can be significantly reduced or completely avoided. One of the key functions of a Quality Engineer is the reduction of the total cost of quality associated with a product. The reduction of these costs is one of the strategic axes of any company. To reduce effectively these costs, it is indispensable to begin at first with their identification and evaluation, because the normal accounting system does not measure these costs. Indeed the traditional systems which calculate the costs by product do not allow determining the economic effect of the improvements introduced by quality approach into the production process. This research has for objective to propose a methodology to estimate and reduce the quality costs. Case Study's on continuous industrial process was chosen within the group OCP. In a first part, we put the problem by stating the art on the quality costs. We formulate two hypotheses allowing answering this problem. The second part, entitled "experiment" aims at validating our hypotheses on an industrial case. From the results of the experimental step, we conclude, in the third part by proposing an evaluation method and reduction of the costs of non quality directed to the processes.
Keywords: *Cost, quality, process, measure, continual improvement*