



## THESE DE DOCTORAT

Présentée à la Faculté des Sciences et Techniques – Fès  
En vue de l'obtention du titre de

**Docteur de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah**

Spécialité : Génie Industriel

Par

**Youness CHATER**

Ingénieur d'Etat en Génie Industriel

---

# IMPACTS DE L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE SUR LA SECURITE ET LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

---

Thèse présentée et soutenue le 08 Octobre 2016 devant le jury composé de :

|                             |                                        |                    |                    |
|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>EL HIMDY Abdelhak</b>    | Professeur de l'Enseignement Supérieur | EST – Fès          | Président          |
| <b>EL HAMMOUMI Mohammed</b> | Professeur de l'Enseignement Supérieur | FST – Fès          | Rapporteur         |
| <b>HADDOUT Abdellah</b>     | Professeur de l'Enseignement Supérieur | ENSEM – Casablanca | Rapporteur         |
| <b>KAMACH Oualid</b>        | Professeur Habilité                    | ENSA – Tanger      | Rapporteur         |
| <b>EL FEZAZI Said</b>       | Professeur Habilité                    | EST – Safi         | Examineur          |
| <b>TALBI Abdennebi</b>      | Professeur de l'Enseignement Supérieur | EST – Fès          | Directeur de thèse |

Laboratoire d'accueil : **Productique, Energie et Développement Durable**

Etablissement : **Ecole Supérieure de Technologie – Fès**



# DEDICACES

---

*A ma chère famille...*

*A mes amis...*

*A mes collègues...*

*Je dédie ce travail*

# **REMERCIEMENTS**

---

Je remercie Messieurs les Professeurs Driss AMEGOUZ et Abdellatif SAFOUANE, directeur et ex-directeur du LPE2D (Laboratoire de Productique, Energie et Développement Durable) de m'avoir accueilli au sein du laboratoire pour mener mes travaux de recherche.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et ma gratitude à Monsieur le Directeur de thèse Professeur Abdennebi TALBI pour son encadrement continu, pour ses remarques constructives qu'il m'a fournies ainsi que pour ses précieux conseils durant toute la période de mon travail. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordée et pour la grande liberté d'idées et de travail qu'il m'a donné. En dehors de ses apports scientifiques, je n'oublierai pas aussi de le remercier pour ses qualités humaines, son hospitalité et son soutien permanent qui m'ont permis de mener à bien ma thèse de doctorat.

Je tiens à remercier vivement Monsieur le Professeur **EL HIMDY Abdelhak** pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma soutenance de thèse.

Ma gratitude et mes remerciements vont aussi aux membres du jury qui ont bien voulu me faire l'honneur de participer à ce jury :

- M. **EL HAMMOUMI Mohammed**, Professeur à la FST – Fès.
- M. **HADDOUT Abdellah**, Professeur à l'ENSEM – Casablanca.
- M. **KAMACH Oualid**, Professeur à l'ENSA – Tanger.
- M. **EL FEZAZI Said**, Professeur à l'EST – Safi.

Je leur suis reconnaissant pour leur lecture attentive ainsi que pour les critiques et suggestions constructives qu'ils ont fait, ainsi l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux aux membres de l'équipe du Laboratoire LPE2D pour leur sympathie et leur convivialité.

C'est le moment aussi de dire un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé pour que je puisse réaliser mes études supérieures par leurs encouragements, je cite surtout ma chère famille.

J'exprime mes plus sincères gratitudes à toutes ces personnes : vous étiez toujours présents ici, malgré la distance, avec votre âme.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Je remercie tous les professionnels que j'ai rencontrés dans les entreprises à travers mes études du terrain. Merci pour votre support et vos encouragements. Je pense particulièrement aux directeurs, à toutes les personnes des services techniques qui ont pris le temps de collaborer dans les différentes parties de cette thèse. Je ne saurais terminer sans remercier toutes ces personnes dans l'ombre dont la contribution à mon travail est non négligeable.

Enfin et de nouveau, un remerciement très particulier à celui qui m'a donné le courage pour surmonter les moments difficiles durant cette thèse, pour son soutien et sa confiance, à mon Directeur de thèse, Monsieur le Professeur Abdennebi TALBI.

Encore une fois, merci à toutes et à tous.

# **RESUME**

---

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une étude pratique de l'évaluation d'une décision d'externalisation. Nous proposons de prendre l'exemple de plusieurs entreprises opérant dans les différents secteurs industriels, dont les caractéristiques sont représentatives des pratiques de la maintenance externalisée.

La maintenance a une influence directe sur la production. Cependant, elle impose des exigences accrues de flexibilité et de développement de spécialisations pointues. De telles exigences obligent les donneurs d'ordre à réadapter leurs structures de maintenance et faire appel aux compétences extérieures par le recours à l'externalisation.

L'externalisation de la maintenance est associée à l'idée de la recherche de recentrage sur le «cœur de métier ».

Ce travail traite la problématique de l'adoption des stratégies d'externalisation de la maintenance et ses effets sur la performance globale de l'entreprise externalisatrice, à travers la sécurité et la sûreté de fonctionnements de ses installations industrielles.

A travers les différents chapitres de notre thèse, nous développons une méthodologie d'externalisation de la maintenance, basée sur des méthodes, des normes et des résultats d'études et d'expériences. Cette procédure s'appuie sur les phases: pré-décisionnelle, décisionnelle, mise en œuvre et post-externalisation.

Ensuite, afin de mettre en évidence l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement, nous menons une étude du terrain, basée sur l'investigation d'une vingtaine d'entreprises externalisatrices, afin d'évaluer l'impact de la stratégie d'externalisation sur leurs performances globales.

Et enfin, suite à une analyse des risques liés à une telle décision d'externalisation, nous avons pu établir une analyse multicritères afin de produire un modèle informatique d'aide à la décision d'externalisation basé sur le raisonnement à partir de cas et mis à jour continuellement.

# **ABSTRACT**

---

This thesis is part of a practical study of the assessment of an outsourcing decision. We propose to take the example of several companies operating in various industries, whose characteristics are representative of the practices of outsourced maintenance.

Maintenance has a direct influence on production. However, it imposes greater demands for flexibility and development of sophisticated specializations. Such demands require principals to rehabilitate their maintenance structures and to call on outside expertise by outsourcing.

Outsourcing of maintenance is associated with the idea of the research focus on the "heart of the trade".

This work deals with the issue of the adoption of maintenance outsourcing strategies and its effects on the overall performance of the outsourced company through safety and operations safety of its production facilities.

Through the different chapters of our thesis, we develop a methodology maintenance outsourcing, based on methods, standards and results of studies and experiments. This procedure is based on the phases: pre-decision, decision, implementation and post-outsourcing.

Then, to highlight the impact of maintenance outsourcing on safety and dependability, we conduct a field survey, based on the investigation of twenty outsourced companies in order to assess the impact of the outsourcing strategy on their overall performance.

Finally, following a risk analysis of such an outsourcing decision, we have established a multi-criteria analysis to produce a computer support model to the outsourcing decision based on reasoning from cases and made continuously updated.

---

**Keywords:** Maintenance, Outsourcing, Security, Dependability, Impact, Provider, Risks, Decisions

## **Table des matières**

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>DEDICACES .....</b>                                                     | <b>1</b>  |
| <b>REMERCIEMENTS.....</b>                                                  | <b>3</b>  |
| <b>RESUME .....</b>                                                        | <b>5</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                      | <b>6</b>  |
| <b>LISTE DES FIGURES.....</b>                                              | <b>10</b> |
| <b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>                                            | <b>12</b> |
| <b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>                                         | <b>13</b> |
| <b>Chapitre I : EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE.....</b>                 | <b>17</b> |
| 1. La fonction maintenance .....                                           | 18        |
| 1.1. Introduction.....                                                     | 18        |
| 1.2. L'évolution de la maintenance.....                                    | 20        |
| 1.3. Les types de maintenance .....                                        | 21        |
| 1.4. Objectifs de la maintenance .....                                     | 22        |
| 2. L'externalisation.....                                                  | 23        |
| 2.1 Définitions.....                                                       | 23        |
| 2.2 Concepts voisins .....                                                 | 25        |
| 2.3 Les déterminants de succès d'une opération d'externalisation.....      | 27        |
| 2.4. Les bénéfices de l'externalisation .....                              | 30        |
| 2.5. Les limites de l'externalisation .....                                | 32        |
| 3. Conclusion.....                                                         | 32        |
| <b>Chapitre II : LA DEMARCHE D'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE .....</b> | <b>34</b> |
| 2.1 Présentation de la problématique .....                                 | 36        |
| 2.2 La maintenance externalisée : quelle tendance ? .....                  | 36        |
| 2. Comment réussir l'externalisation de la maintenance ?.....              | 37        |
| 2.1. Développement d'un processus d'externalisation de la maintenance..... | 37        |
| 2.2. Elaboration d'un tableau de bord de suivi des prestations.....        | 49        |
| 3. Exemples de cas d'externalisation .....                                 | 51        |
| 3.1. Cas d'externalisation des activités de maintenance réussie.....       | 51        |
| 3.2. Cas d'externalisation des activités de maintenance échouée :.....     | 52        |
| 4. Conclusion.....                                                         | 54        |
| <b>Chapitre III : IMPACTS DE L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE .....</b> | <b>56</b> |
| 1. Introduction .....                                                      | 57        |

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

|                                                                                               |                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.                                                                                            | La sécurité et l'externalisation de la maintenance.....                                                   | 58         |
| 2.1.                                                                                          | Introduction.....                                                                                         | 58         |
| 2.2.                                                                                          | Définitions.....                                                                                          | 59         |
| 2.3.                                                                                          | Revue de la sécurité dans l'histoire.....                                                                 | 59         |
| 2.4.                                                                                          | Liens entre maintenance externalisée et sécurité .....                                                    | 63         |
| 2.5.                                                                                          | Impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité.....                                        | 69         |
| 3.                                                                                            | La sûreté de fonctionnement .....                                                                         | 73         |
| 3.1.                                                                                          | Introduction.....                                                                                         | 73         |
| 3.2.                                                                                          | Définitions.....                                                                                          | 74         |
| 3.3.                                                                                          | Historique.....                                                                                           | 75         |
| 3.4.                                                                                          | Concepts et définitions.....                                                                              | 76         |
| 4.                                                                                            | Enjeux de la sûreté de fonctionnement au sein de l'entreprise industrielle .....                          | 77         |
| 4.1.                                                                                          | Objectifs.....                                                                                            | 77         |
| 4.2.                                                                                          | Quelques méthodes de sûreté de fonctionnement .....                                                       | 78         |
| 4.3.                                                                                          | Enjeu de sûreté de fonctionnement .....                                                                   | 79         |
| 4.4.                                                                                          | Evaluation de l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement .....       | 80         |
| 5.                                                                                            | Conclusion.....                                                                                           | 87         |
| <b>Chapitre IV : ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE .....</b>     |                                                                                                           | <b>88</b>  |
| 1.                                                                                            | Introduction .....                                                                                        | 89         |
| 2.                                                                                            | Un aperçu sur les risques liés à l'externalisation de la maintenance.....                                 | 89         |
| 2.1.                                                                                          | Identification des risques .....                                                                          | 89         |
| 2.2.                                                                                          | Typologie des risques liés à l'externalisation de la maintenance .....                                    | 91         |
| 2.3.                                                                                          | Classification des risques liés à l'externalisation de la maintenance.....                                | 92         |
| 2.4.                                                                                          | Evaluations des risques liés à l'externalisation de la maintenance.....                                   | 94         |
| 2.5.                                                                                          | Analyse des résultats.....                                                                                | 102        |
| 3.                                                                                            | Conclusion.....                                                                                           | 109        |
| <b>Chapitre V : MODELISATION D'UN SYSTEME DE PILOTAGE DES PRESTATIONS DE MAINTENANCE.....</b> |                                                                                                           | <b>110</b> |
| 1.                                                                                            | Introduction .....                                                                                        | 111        |
| 2.                                                                                            | Elaboration du tableau de bord de suivi de la performance des activités de maintenance externalisée ..... | 111        |
| 2.1.                                                                                          | Objectifs.....                                                                                            | 112        |



**Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de  
fonctionnement des installations industrielles**

|                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2. Choix des indicateurs de performance .....                    | 112        |
| 3. Conception du Système Informatique d'Aide à la Décision .....   | 120        |
| 3.1. Raisonnement à partir de cas .....                            | 120        |
| 3.2. Description des données du modèle.....                        | 121        |
| 3.3. Opérationnalisation du système à base de cas .....            | 122        |
| 3.4. Résolution du modèle CBR proposé.....                         | 123        |
| 3.5. L'adaptation des cas (réutilisation) .....                    | 127        |
| 3.6. Architecture du Système Interactif d'Aide à la Décision ..... | 128        |
| 3.7. Evaluation expérimentale du SIAD .....                        | 133        |
| 3.8. Les apports du SIAD Proposé.....                              | 134        |
| 4. Conclusion.....                                                 | 135        |
| <b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....</b>                    | <b>136</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                          | <b>140</b> |
| <b>ANNEXES.....</b>                                                | <b>147</b> |

## **LISTE DES FIGURES**

---

### **CHAPITRE II : LA DEMARCHE D'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II. 1: Tendances en fonction du nombre de salariés.....                                                 | 38 |
| Figure II. 2: Tendances en fonction du nombre de salariés affectés au service maintenance..                    | 39 |
| Figure II. 3: Les clés de réussite d'une externalisation de la maintenance selon les entreprises sondées. .... | 39 |
| Figure II. 4: Les raisons d'externalisation.....                                                               | 40 |
| Figure II. 5: Processus d'externalisation de la maintenance (Chater et al., 2013). ....                        | 41 |

### **CHAPITRE III : IMPACTS DE L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure III. 1: Répartition des entreprises par taille (Nombre d'employés).....                                | 67 |
| Figure III. 2: Répartition selon nombre d'années d'ancienneté. ....                                           | 68 |
| Figure III. 3: Répartition de l'échantillon par le nombre de prestataires présents dans leurs chantiers. .... | 68 |
| Figure III. 4: Répartition des entreprises par niveau d'externalisation de la maintenance. ....               | 70 |
| Figure III. 5: Répartition des entreprises externalisatrices selon le type de prestations. ....               | 71 |
| Figure III. 7: Les courbes d'évolution du nombre d'incidents liés à l'externalisation de la maintenance.....  | 72 |
| Figure III. 8: Arbre de la Sûreté de Fonctionnement. ....                                                     | 76 |
| Figure III. 9: Taux d'externalisation des activités de maintenance.....                                       | 83 |
| Figure III. 10: Efficacité des interventions des prestataires de maintenance. ....                            | 84 |
| Figure III. 11: Impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement. ....           | 85 |
| Figure III. 12: Situations des indicateurs de la sûreté de fonctionnement avant l'externalisation.....        | 85 |
| Figure III. 13: Situations des indicateurs de la sûreté de fonctionnement après l'externalisation.....        | 86 |

### **CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure IV. 1: Les caractéristiques des risques et les actions du processus de gestion des risques favorisées. .... | 90  |
| Figure IV. 2: Les principaux risques liés à l'externalisation de la maintenance.....                               | 91  |
| Figure IV. 3: Niveaux hiérarchiques du problème.....                                                               | 98  |
| Figure IV. 4: Classement des risques selon les priorités.....                                                      | 100 |
| Figure IV. 5: Classement des risques par rapport aux solutions proposées. ....                                     | 103 |
| Figure IV. 6: Le graphe de la performance globale de la stratégie d'externalisation à adopter. ....                | 103 |

### **CHAPITRE V : MODELISATION D'UN SYSTEME DE PILOTAGE DES PRESTATIONS DE MAINTENANCE**

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure V. 1: Exemple 1. Illustration de l'indicateur de délai d'intervention. ....                                                               | 113 |
| Figure V. 2: Exemple 2. Illustration de l'indicateur de délai d'intervention. ....                                                               | 113 |
| Figure V. 3: Illustration de l'indicateur de temps de remise en service. ....                                                                    | 114 |
| Figure V. 4: Illustration de délai global de prise en charge. ....                                                                               | 114 |
| Figure V. 5: Illustration des interventions. ....                                                                                                | 115 |
| Figure V. 6: Illustration des sollicitations non conformes. ....                                                                                 | 115 |
| Figure V. 7: Illustration des répartitions des travaux préventifs et curatifs. ....                                                              | 117 |
| Figure V. 8: Illustration de nombre de réserves 1. ....                                                                                          | 118 |
| Figure V. 9: Illustration de nombre de réserves1. ....                                                                                           | 118 |
| Figure V. 10: Illustration de niveau de qualité des prestataires. ....                                                                           | 119 |
| Figure V. 11: Modèle de raisonnement à partir de cas proposé pour l'adaptation face aux risques liés à l'externalisation de la maintenance. .... | 123 |
| Figure V. 12: Priorité des critères. ....                                                                                                        | 124 |
| Figure V. 13: Maquette des résultats. ....                                                                                                       | 126 |
| Figure V. 14: Maquette du choix cas le plus similaire. ....                                                                                      | 126 |
| Figure V. 15: Maquette du cas le plus similaire. ....                                                                                            | 127 |
| Figure V. 16: Architecture du Système d'Aide à la Décision. ....                                                                                 | 129 |
| Figure V. 17: Interface graphique principale du SIAD. ....                                                                                       | 130 |
| Figure V. 18: L'interface de l'option « Données ». ....                                                                                          | 130 |
| Figure V. 19: L'interface de l'option « Edition ». ....                                                                                          | 131 |
| Figure V. 20: L'interface de l'option « Affichage ». ....                                                                                        | 132 |
| Figure V. 21: Evaluation expérimentale du SIAD. ....                                                                                             | 133 |
| Figure V. 22: Affichage graphique des résultats. ....                                                                                            | 134 |

# **LISTE DES TABLEAUX**

---

## **CHAPITRE II. LA DEMARCHE D'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II. 1: Indicateurs déterminants de la performance d'externalisation de la maintenance. .... | 50 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## **CHAPITRE III. IMPACTS DE L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Tableau III. 1: Caractéristiques de l'échantillon. .... | 65 |
|---------------------------------------------------------|----|

## **CHAPITRE IV. ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau IV. 1: Typologie des risques selon Courtot. ....                                         | 92  |
| Tableau IV. 2: Matrice multicritères des risques liés à l'externalisation de la maintenance. ... | 93  |
| Tableau IV. 3: Répartition des entreprises sondées selon leurs tailles. ....                     | 95  |
| Tableau IV. 4: Echelle des comparaisons des critères. ....                                       | 96  |
| Tableau IV. 5: Matrice de comparaison des critères par rapport à l'objectif. ....                | 99  |
| Tableau IV. 6: Les matrices de jugement alternatives selon chaque critère. ....                  | 101 |

## **CHAPITRE V. MODELISATION D'UN SYSTEME DE PILOTAGE DES PRESTATIONS DE MAINTENANCE**

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Tableau V. 1: Maquette des indicateurs .... | 125 |
|---------------------------------------------|-----|

# **INTRODUCTION GENERALE**

---

Depuis les années 1975-1980, l'environnement technico économique des entreprises est caractérisé par une forte instabilité et des mutations brusques. Ceci est principalement dû au renversement du rapport entre l'offre et la demande, à la mondialisation et la globalisation de l'économie et aux mutations techniques et technologiques.

Cette instabilité de l'environnement a obligé, et oblige encore actuellement, les entreprises à adopter de nouvelles stratégies et à modifier en profondeur leurs politiques internes. Les grandes entreprises se recentrent sur leur cœur de métier et les processus créateurs de valeur ajoutée, avec une tendance forte à externaliser les fonctions qui n'apportent pas une valeur ajoutée suffisante.

Ces entreprises s'organisent aujourd'hui en réseaux, au sein desquels interagissent différents acteurs (prestataires, donneurs d'ordres, sous-traitants) dans une stratégie « gagnant-gagnant » ou encore de « partenariat ». Nous voyons donc émerger de nouvelles organisations industrielles, dont les membres entretiennent des relations à la fois de client-fournisseur et de coopération gagnant-gagnant.

Des organisations qui, de plus, sont non pérennes, mais peuvent se reconfigurer de manière opportuniste, réactive et flexible à moyen et à long termes.

Ce type d'organisation intéresse les chercheurs. Ces regroupements posent la question des relations et des liens de coopération entre les entreprises qui les constituent, notamment en ce qui concerne les services vitaux telle que la maintenance industrielle.

Décider d'externaliser des activités de maintenance conduit à poursuivre des objectifs de production décidés par la direction générale, c'est le côté gagnant-gagnant, mais cela consiste aussi à prendre des risques difficiles à assumer. La rareté des travaux empiriques s'inscrivant dans une problématique afin d'évaluer l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement dans les relations entre l'entreprise client et le prestataire de service, la nécessité d'une clarification du concept d'adaptation des deux parties face aux différents risques d'externalisation, sont à l'origine de cette recherche qui repose sur deux questions principales :

- *Comment peut-on déterminer et analyser notre besoin d'externalisation de la maintenance ?*
- *Comment guider les entreprises externalisatrices afin de réussir l'externalisation de ses activités de maintenance ?*

De nombreux travaux ont vu le jour sur la description et les analyses des dynamiques dans les groupements à des niveaux stratégiques ou tactiques. Cependant, au plan empirique nous ne pouvons que constater la rareté des études de terrain consacrées au sujet du pilotage opérationnel et organisationnel de ce type de décisions.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Le point de départ de cette thèse est une problématique industrielle liée à l'amélioration des résultats de sécurité et de sûreté de fonctionnement des installations industrielles d'une entreprise externalisatrice ou souhaitant externaliser ces activités de maintenance, et cela à partir d'un tableau de bord constitué d'un ensemble d'indicateurs de performance. C'est une problématique que l'on retrouve classiquement dans les industries voulant se recentrer sur leur cœur de métier.

Notre recherche utilise l'opportunité de cette demande pour confronter, tester, et développer des modèles généraux d'évaluation des décisions.

Au-delà de la différence des activités industrielles et de leurs particularités, nous essaierons d'identifier les facteurs qui favorisent une externalisation sûre et profitable.

D'où, notre premier axe directeur concerne la problématique liée à la recherche de l'ensemble des facteurs liés au projet d'externalisation et ayant un impact direct sur l'entreprise externalisatrice. Notre première hypothèse de travail, est que nous pouvons résoudre ce point de départ à partir d'une étude fondée pour une large part sur un examen de la littérature axé sur la gestion des projets d'externalisation de la maintenance.

Par ailleurs, nous devons aussi élargir notre analyse vers une autre problématique: aider les entreprises externalisatrices à s'adapter face à chaque type de risque. En effet, en considérant cette notion de risque, les objectifs spécifiques de cette partie de travail visent d'une part à réorienter les futurs entreprises à l'externalisation de la maintenance afin d'éviter les risques de l'externalisation, et d'autre part, il s'agit de proposer aux responsables et donneurs d'ordres un outil d'aide à la décision apte à servir de guide pour tracer et rendre compréhensibles les trajectoires potentielles d'une entreprise donneuse d'ordre.

Concernant la méthodologie, nous avons cherché, dans cette thèse, à combiner une démarche déductive (à partir des cadres analytiques proposés par la littérature spécialisée), et une démarche inductive s'appuyant sur des constats issus du terrain. A cet effet, nous nous sommes évertués à effectuer un aller-retour continuuel entre la réflexion théorique afin d'en extraire les risques de l'externalisation; et la recherche d'un support d'aide à la décision résultant de notre étude empirique. Cette étude a été réalisée sur un échantillon d'entreprises de tailles différentes opérant dans divers domaines d'activités du tissu industriel Marocain. A cet effet, une enquête auprès des acteurs directement liés à l'activité d'externalisation de la maintenance a été réalisée.

Pour bien rendre compte des apports respectifs de l'approche théorique et de l'étude empirique, cette thèse sera subdivisée en quatre grands chapitres : un pour la revue de la littérature, deux pour la conceptualisation et l'opérationnalisation du problème et la présentation des principaux résultats empiriques, et le dernier pour présenter le plan d'action développé et nos préconisations.

Cette recherche doctorale a abouti à trois contributions sur le plan managérial, théorique et méthodologique.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

La contribution managériale a pris la forme de modes d'adaptation susceptibles de mieux structurer les raisonnements de résolution des problèmes d'une entreprise face aux impacts négatifs de l'externalisation. En effet, grâce aux exemples passés, le manager sera en mesure de remédier aux difficultés de l'externalisation. A cet effet, l'entreprise cible devra adapter et intégrer la solution proposée et développer un ensemble de dispositifs favorisant l'adhésion des acteurs à la nouvelle décision.

La contribution théorique de cette thèse a consisté à valoriser un objet organisationnel relativement négligé dans les travaux des stratégies d'externalisation de la maintenance : l'adaptation aux risques. En effet, l'analyse empirique des alternatives d'adaptation proposée, était sans doute une suite naturelle aux études antérieures. Ces dernières, sous tendaient généralement à comprendre et expliquer les décisions d'externalisation de la maintenance et les risques qui s'y attachent, sans pour autant mettre en exergue les modalités d'adaptation à ces derniers. Cette adaptation à la quelle nous aspirons, passe par un rapprochement de deux domaines des sciences de gestion industrielle à savoir : les stratégies d'externalisation et la gestion des risques. En se basant sur une combinaison de ces deux disciplines, nous avons pu dresser un pont entre les logiques inters et intra-organisationnelles. Ainsi, nous sommes passés d'une vision focalisée sur la prise de décision, à une vision centrée sur l'aide à la décision.

Sur le plan méthodologique, notre contribution se résume à l'implémentation d'outils relevant des domaines d'aide à la décision dans une problématique appartenant aux domaines des sciences de gestion industrielle. Malgré de nombreuses critiques adressées à juste titre à la méthode multicritère d'aide à la décision choisie, pour notre problème de sélection de la meilleure option d'adaptation, l'AHP a été un outil effectif, adéquat, compréhensible et facile à appliquer.

Le premier chapitre bibliographique rappelle la stratégie de « faire-faire » appliquée à la maintenance et son évolution. A cet effet, nous proposons des éléments de définition avant de tenter de comprendre les principaux déterminants de l'essor de l'externalisation de la maintenance industrielle.

Nous établirons par la suite une check-list des déterminants de succès de toute opération d'externalisation des activités de maintenance. Nous évaluerons ultérieurement l'intérêt de l'externalisation pour les entreprises en réalisant une analyse détaillée de ses bénéfices.

Dans un second chapitre, il convient de mettre l'accent sur la décision et le processus d'externalisation de la maintenance se concluant par un contrat. En effet, un projet d'externalisation de la maintenance constitue une opération complexe et protéiforme néanmoins il se diffère d'une entreprise à une autre.

Le deuxième chapitre porte sur l'étude de la décision de choix entre internalisation ou externalisation des services de maintenance et degré d'externalisation, dans le cadre d'une organisation en entreprise industrielles.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Nous abordons ce problème selon deux approches différentes. Ainsi, nous structurons ce chapitre en deux parties.

Dans la première partie du chapitre, nous proposons une approche qui consiste à déterminer le meilleur choix entre internalisation ou externalisation des activités de maintenance qui soit sûre, fiable et à un coût minimal, aussi qui respecte les contraintes imposées par les systèmes de production de l'entreprise sujet d'externalisation. Nous modélisons ce problème sous forme d'un logigramme que nous validerons par une étude de cas.

Dans la seconde partie, nous étudions la question de choix entre internalisation ou externalisation du service de stérilisation par une analyse basée sur les coûts. Nous appliquerons ensuite cette approche sur un cas d'étude réel, celui d'une entreprise au Maroc.

A propos du troisième chapitre, il convient de mettre l'accent sur la notion du risque de l'externalisation de la maintenance. En effet, un projet d'externalisation constitue une opération complexe et protéiforme néanmoins il n'est pas à l'abri d'un certain nombre de risques. Ce chapitre vient à cet effet, de présenter les éléments théoriques nécessaires pour aborder la notion du risque en présentant tout d'abord le concept de gestion des risques, puis en identifiant les risques potentiels liés aux stratégies d'externalisation de la maintenance. Cette dernière étape servira de base à développer une démarche de capitalisation des connaissances adaptées aux besoins du domaine d'externalisation, l'objectif était de mettre en exergue et de valoriser la contribution managériale et méthodologique simultanément. En effet, afin d'illustrer ces propos, ce chapitre a développé un modèle hybride d'aide à la décision basé sur une fusion entre la méthode AHP et le raisonnement à partir de cas qui a été appuyé par une proposition d'un exemple illustratif.

Finalement, en premier lieu du quatrième chapitre nous présenterons le cadre et les premiers résultats de l'étude de l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles. En second lieu, il sera de mettre l'accent sur la procédure d'analyse utilisée en justifiant le choix des outils alloués à cet effet. Enfin, une analyse rigoureuse des données collectées nous permettra de dévoiler les premiers résultats de l'étude. Ces derniers constitueront la base d'un modèle de pilotage des stratégies d'externalisation de la maintenance. La résultante de ce travail sera un outil d'aide à la décision d'externalisation des activités de maintenance mis à disposition des entreprises industrielles externalisatrices et auront la possibilité de se munir contre les différents facteurs d'échec d'externalisation de la maintenance en optant pour l'alternative adéquate à leurs contextes.



# **Chapitre I : EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

---

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **1. La fonction maintenance**

### ***1.1. Introduction***

La maintenance est définie comme étant «Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise» [Norme AFNOR X60-010]. Entretenir, maintenir, c'est donc effectuer des opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production ainsi que la sécurité d'opération.

La fonction maintenance au sein d'une entreprise industrielle est souvent méconnue, sous-estimée voire méprisée et jugée trop coûteuse pour toutes sortes de raisons qui tiennent davantage de perceptions non fondées. Cependant, la maintenance prend croissance et se révélera, actuellement, une des fonctions clés de l'entreprise. Les nouvelles technologies nous ont poussé à penser aux différentes tendances vers un degré plus élevé d'automatisation et une complexité accrue des machines. Ceci ne fait que renforcer les besoins d'une entreprise d'avoir une approche formelle et structurée concernant la fonction maintenance [ST-MARSEILLE et al., 1997].

L'automatisation accrue, la complexité et le coût croissant des équipements et par conséquent la nécessité de réduire les temps d'indisponibilité de ces derniers, donne à la maintenance une importance croissante [GRUSENMEYER, 2005a ; 2005b].

Cependant, la maintenance apparaît comme une fonction primordiale au sein de l'entreprise. Elle consiste à maintenir en bon état de fonctionnement les équipements, installations et les infrastructures présents dans l'entreprise afin de réduire au minimum les arrêts de production et/ou les coûts de revient des produits.

Avec la mondialisation, nous avons remarqué le rehaussement de la concurrence dans plusieurs domaines technologiques qui a provoqué un changement de mentalité des entreprises au niveau de la gestion (en particulier au niveau de la gestion de la maintenance). Dorénavant, nous nous soucions davantage de bien évaluer les coûts inhérents à la maintenance car cette concurrence accrue force les donneurs d'ordre à calculer chaque source de dépenses, à voir l'impact de cette dépense sur l'amélioration de la productivité de l'entreprise et à utiliser ces indicateurs afin de s'investir dans des nouveaux équipements ou l'agrandissement d'installations. Nous constatons donc qu'une bonne gestion de la maintenance a une incidence directe sur la veille stratégique de l'entreprise.

Mais d'après la nature de la mission du service maintenance, nous constatons souvent des conflits, dans la plupart du temps implicites, entre la production et la fonction maintenance. Les responsables de la production sont des utilisateurs exigeants des installations industrielles et des infrastructures car ils sont sous des contraintes qualitatives et quantitatives et ils subissent ainsi d'autres contraintes du court terme. Par contre, les responsables de la maintenance ont à leur charge le patrimoine technique de l'entreprise, c'est-à-dire l'état et la

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

conservation des outils de production et ceux-ci doivent au contraire avoir une vision à moyen et à long termes à travers des plans d'action de maintenance à respecter.

Afin de rallier ces deux objectifs sur un objectif commun, qui tourne autour de la compétitivité de l'entreprise dans le marché mondial, il devient impératif de positionner la fonction maintenance à la place qui lui revient, soit l'une des grandes fonctions de productivité de l'entreprise, car l'époque des services entretien/dépannage qui sont dépendants de la production est révolue. Nous ne pouvons assumer un programme directeur de production sans tenir compte des possibilités des équipements et leurs capacités. Le service chargé de la maintenance est donc lié à la production et il faut qu'il participe aux définitions des programmes, à leur planification et à leur respect.

Afin de réussir à accomplir sa mission, la gestion de la maintenance consiste à établir comment, pourquoi, par qui, où, à quelle fréquence et à quel prix la maintenance doit être effectuée. Une bonne gestion de la maintenance a besoin d'un outil permettant à l'entreprise d'arriver à ses performances réelles, d'établir avec une certaine précision les coûts réels reliés à la maintenance mais conduit également vers une opportunité de trouver des pistes d'amélioration de ses procédés et l'atteinte de ses objectifs stratégiques.

En résumé, une entreprise qui ne connaît pas bien les coûts imputés à la maintenance est susceptible de perdre le contrôle de la situation et de tomber dans des difficultés à plus ou moins long terme. Cette situation n'existait pas il y a plus de trente ans où les entreprises oeuvraient dans un marché de masse et où le protectionnisme permettait, à certaines entreprises moins performantes, de perdurer. Aujourd'hui, la réalité est tout autre.

La maintenance est de plus en plus axée sur des considérations économiques. Il ne s'agit plus de savoir s'il faut ou non faire de la maintenance sur les équipements et les installations mais plutôt de savoir quand et comment le faire.

En effet, les changements d'orientation, l'instabilité des entreprises et la compétition à tous les niveaux influencent l'application de la maintenance dans les domaines industriels. Nous serons moins tenté, par exemple, de continuer à entretenir un équipement si notre principal compétiteur utilise un nouvel équipement lui permettant d'atteindre de plus grandes capacités de production et à moindre coût. Et parmi les politiques réussies pour l'optimisation des coûts de la maintenance, nous trouvons le recours à l'externalisation. Mais, cette nouvelle stratégie est piégée par des risques et des limites variées.

Il faut donc juger à cet instant s'il est préférable et réalisable de faire la maintenance en interne que de l'externaliser. Bien que les marchés évoluent vers une plus grande productivité, un autre facteur entrera en ligne de compte au moment de prise de décision. Quel sera le coût associé à l'entretien de cet équipement en interne bien qu'en externe ?

C'est pourquoi il est primordial d'avoir bien géré la maintenance auparavant afin de répondre à cette question avec la plus grande précision. Une erreur lors de l'estimation de ces coûts peut nuire irrémédiablement à une entreprise. Donc chaque entreprise se doit, à l'aide de

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

collecte de données, d'historiques et de statistiques, de se bâtir une banque de données afin d'utiliser ces expertises pour faire des choix judicieux.

C'est ici que se joue vraiment le résultat des décisions des stratégies de maintenance à suivre. Il est plus qu'essentiel que ces données soient justes et représentatives de l'expérience acquise par le passé.

Il importe donc de voir à la formation adéquate du personnel associé aux opérations de maintenance et à une utilisation judicieuse de ces informations. Les chapitres qui suivent nous aideront à élaborer et à utiliser des outils pour bien comprendre comment se fait une bonne gestion de la maintenance et dans quel contexte nous devons l'appliquer.

### ***1.2. L'évolution de la maintenance***

Les petites interventions et les simples activités de dépannage, ont toujours existé. Avant 1900, nous parlons de réparation ou de dépannage d'un équipement une fois que celui-ci est défaillant. L'objectif était d'avoir un redémarrage rapide. De 1900 à 1970, nous utilisons la notion d'entretien avec le développement des chemins de fer, de l'automobile, de l'aviation et l'armement pendant les deux guerres mondiales. L'entretien consistait majoritairement à dépanner et à réparer après défaillance [TERRIER, 2002].

A partir de 1970, le développement de secteurs à risques et d'outils modernes aboutissent à la mise en œuvre d'une organisation de la fonction maintenance. En effet, pour les responsables de ces domaines, entretenir le matériel en subissant son comportement, devenait inadapté face aux risques encourus : il a fallu apprendre à maîtriser ces systèmes automatisés, prévenir les incidents pour éviter les accidents, tout en évitant les surcoûts prohibitifs [MONCHY & PICHOT, 2003].

#### **• Du cadre informel de l'entretien à l'organisation de la maintenance**

Depuis une vingtaine d'année, la maintenance est devenue un ensemble d'activités effectuées et gérées par le service maintenance qui veille au respect des plans de production et n'est plus considérée comme un mal nécessaire.

L'entretien, se résume aux actions physiques, distinctes et correctives apportées aux moyens de production pour assurer leur disponibilité, selon les critères définis par la politique maintenance.

Il existe une distinction entre la maintenance et l'entretien, autrement dit, la maintenance est l'optimisation des paramètres de l'entretien. Si l'entretien d'hier n'était pas considéré comme productif, la maintenance d'aujourd'hui le devient [FRANCASTEL, 2005].

Nous pouvons faire du sous-entretien ou du sur-entretien. Dans un cas, la démarche conduira à une dégradation prématurée des équipements, dans l'autre cas le surplus d'interventions inutiles conduira à un gaspillage financier pour l'entreprise.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

On peut considérer désormais que « la maintenance devient une activité productive et non une charge pour l'entreprise. Maintenir c'est assurer la disponibilité de la production, donc l'assurance de la quantité, mais également la qualité » [SOURIS, 1993].

Face aux marchés concurrentiels, les entreprises sont de plus en plus conscientes de l'enjeu économique que représente la maintenance, et en particulier celle des outils et équipements de production [MOUSS et al., 2003]. La maintenance est désormais considérée comme une source de productivité et un pilier de l'activité industrielle [DE GROOTE, 1993 ; VISINTINI, 1987]. Elle peut en effet contribuer à l'augmentation de la productivité par la diminution des arrêts et l'augmentation de la disponibilité et la fiabilité des équipements, ainsi que la qualité de la production.

### ***1.3. Les types de maintenance***

Nous avons vu que la maintenance a pour objectif de maintenir et rétablir un équipement ce qui conduit à la distinction entre [AFNOR, 2002] :

- **Maintenance Préventive** : qui a pour but de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle est effectuée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits.
  - *Maintenance est systématique*, si elle est effectuée selon un échéancier établi ou selon le temps écoulé ou le nombre d'unités produites, mais sans contrôle préalable de l'état de l'équipement.
  - *Maintenance est conditionnelle*, lorsqu'elle est subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (résultat d'une analyse spectrométrique, mesure d'une vibration etc.).
  - *Maintenance est prévisionnelle*, lorsqu'elle est exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.
- **Maintenance corrective** : quand à elle est exécutée après la détection d'une panne. Elle est destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.
  - *La maintenance est palliative*, lorsque l'action corrective est destinée à permettre à l'équipement d'accomplir provisoirement tout ou partie de la fonction requise.
  - *La maintenance est curative*, lorsque l'action de maintenance corrective a un caractère permanent et a pour objet de rétablir l'équipement dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### ***1.4. Objectifs de la maintenance***

La maintenance ce n'est plus une action de dépannage, c'est le maintien en bon état de fonctionnement des installations industrielles au moindre coût, et l'arrêt des machines le moins longtemps possible. L'intégration du service entretien dans l'entreprise se limite au fonctionnement des machines. Mais nous ne faisons pas un programme de maintenance valable sans tenir compte des capacités du service maintenance et des plans de production. Il faut que la maintenance participe aux définitions des programmes. Dans ces conditions, les objectifs à demander à un service maintenance sont :

- **Disponibilité** : La planification de la production doit être étudiée conjointement par la fonction maintenance et la production en conciliant au mieux les arrêts nécessaires à la maintenance préventive et les recommandations du manufacturier tout en s'ajustant selon les programmes de production et les quantités à produire. Ainsi le personnel de maintenance doit tenir compte de la disponibilité programmée pour y intégrer ses besoins de maintenance et, de son côté, la production doit pouvoir compter sur un rendement optimal de la capacité des équipements pendant les périodes de fonctionnement.
- **Taux de conformité** : la qualité des produits dépend autant de la production que de la maintenance. Il faut faire attention aux responsabilités de chacun : erreur d'opération ou défaillance de la machine, matière première défectueuse ou dérèglement de la machine, etc. la qualité peut coûter cher et c'est pourquoi il est indispensable de considérer les besoins de maintenance au même titre que les autres moyens de contrôle de la qualité.
- **Délais des interventions** : Nous parlons ici autant des délais de valorisation de matière première que des délais d'intervention en entretien. Il y a donc une double responsabilité au niveau de la maintenance: nous devons connaître exactement l'état des équipements pour en garantir le fonctionnement pendant les périodes de production et l'on doit s'assurer de préparer et de prioriser les travaux de maintenance avec suffisamment de précision pour les réaliser dans les délais avec un maximum d'efficacité.
- **Coût de maintenance** : Mis à part les compétences techniques, le service maintenance doit être capable d'établir des devis précis et des estimations de coûts reliés aux travaux de maintenance. Que ce soit pour chiffrer différentes solutions, pour proposer le remplacement d'une machine, pour soumettre un projet d'amélioration ou de mise à niveau de l'équipement, nous nous devons viser un optimum qui tiendra compte des pertes de production dues à une défaillance et de l'historique des opérations.
- **Sécurité** : le service maintenance doit se préoccuper des risques d'accidents que ses interventions peuvent occasionner d'une part, ses propres tâches (méthodes de travail, consignes de sécurité...) et d'autre part, celles du personnel de production (remise des protecteurs, considérations pour la sécurité lors de modifications d'équipement...).

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- **Environnement** : Il incombe souvent de contrôler des polluants et de rejet des contaminants dans l'environnement. Il n'est pas rare que le matériel non productif mais nécessaire soit négligé (exemple: système de recyclage, dépoussiéreur, filtres...). Et de nos jours, nous parlons aussi des programmes d'économies d'énergie qui s'ajoutent aux préoccupations de la fonction maintenance.

## **2. L'externalisation**

### **2.1 Définitions**

Avant de soulever la problématique d'externalisation de la maintenance, il convient de cadrer ce concept à travers une revue de définitions puisées dans la littérature traitant la problématique liée à l'externalisation. Plusieurs auteurs ont proposés des définitions du concept d'externalisation [CHATER et al., 2013]. A cet effet, et afin d'en apprendre un peu plus sur le terme et son contenu, nous nous sommes basés sur les définitions avancées par la littérature. Ces dernières diffèrent d'un auteur à un autre, mais elles peuvent être regroupées en deux catégories [BARTHELEMY et QUELIN, 2000]. Parmi celles-ci, nous avons retenu cinq d'entre-elles jugées pertinentes :

- **Selon l'AFNOR :**

« L'externalisation est un service défini comme le résultat de l'intégration d'un ensemble de services élémentaires, visant à confier à un prestataire spécialisé tout ou partie d'une fonction de l'entreprise "client" dans le cadre d'un contrat pluriannuel, à base forfaitaire, avec un niveau de service et une durée déterminés» [AFNOR, 2003].

- **Selon MEDEF (Mouvement des Entreprises DE France) :**

« L'externalisation consiste à confier la totalité d'une fonction ou d'un service à un prestataire externe spécialisé pour une durée pluriannuelle. Celui-ci fournit alors la prestation en conformité avec le niveau de service, de performance et de responsabilité spécifiés» [MEDEF, 2002].

- **Selon Ernst & Young :**

« ... Par externalisation, nous désignons une gestion déléguée : "la délégation de certaines fonctions sur une durée contractuelle pluriannuelle à des prestataires de services extérieurs à l'entreprise"... » [ERNST & YOUNG, 2003].

- **Selon BARTHELEMY :**

« ..Le fait de confier une activité et son management à un fournisseur ou à un prestataire extérieur plutôt que de la réaliser en interne. Une opération d'externalisation peut s'accompagner du transfert de personnel et d'équipements vers le fournisseur ou le prestataire » [BARTHELEMY, 2007].

- **Selon FIMBEL :**

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

« Externaliser est un processus par lequel une entreprise confie à un prestataire extérieur la responsabilité de la gestion d'un domaine (ou d'une fonction) qu'elle-même assumait auparavant directement en interne au moyen d'une combinaison spécifique de ressources propres... » [FIMBEL, 2002].

La première catégorie de définition se réfère au dilemme classique du « make or buy » paru en 1984. [WALKER & WEBER, 1984]. Elle définit l'externalisation comme un recours à un fournisseur extérieur qui prend la responsabilité totale ou partielle de l'activité plutôt que sa réalisation en interne [HALL & CURIE, 2000].

La seconde catégorie de définition avance que l'externalisation est le recours à un organisme extérieur pour planifier ou exploiter une activité précédemment accomplie au sein de l'organisation [SKYTE, 2001]. En effet, prendre la décision de faire ou de faire faire n'a pas la même signification selon que l'activité a été déjà réalisée en interne ou non.

L'externalisation s'accompagne ainsi d'un transfert d'équipements et de personnel vers le prestataire [LACITY & HIRSCHHEIM, 1993].

Dans les deux catégories de définition, le prestataire spécialisé accueille l'activité et en prend le contrôle immédiatement ou de façon progressive. Il peut engager seulement ses moyens comme il peut prendre en charge la réalisation d'un résultat.

L'externalisation modifie donc fortement l'entreprise qui la décide parce qu'une telle opération modifie durablement :

- L'état patrimonial de l'entreprise par le transfert d'actifs vers le prestataire ; ces actifs peuvent être spécifiques ou aisément redéployables par le futur prestataire auprès de ses autres clients ;
- Le tissu humain en y substituant des relations contractuelles formelles à d'anciennes relations entre collègues de la même organisation ;
- Les contours structurels en reconfigurant les conditions concrètes du fonctionnement quotidien, notamment par le déplacement et la modification du contenu des dispositifs d'interface et de liaison entre l'environnement et l'entreprise ;
- La nature et la quantité des ressources (humaines et matérielles) dont l'organisation dispose ainsi que les conditions de leur mobilisation.

De ce fait, l'externalisation est devenue une véritable opération dynamique de la firme vers le marché qui engendre de nombreuses modifications organisationnelles et structurelles durables pour la firme qui l'entreprend. Aucun domaine, aucune fonction n'est actuellement hors du champ potentiel de l'externalisation [WICKHAM, 1996].

Toutefois, le terme d'externalisation induit parfois le lecteur en erreur du fait de son utilisation à tort et à travers. En effet, différents concepts voisins à l'externalisation existent et mènent le lecteur à une confusion totale. Il semble donc nécessaire de préciser les différences entre externalisation et les termes qui lui sont fréquemment assimilés.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **2.2 Concepts voisins**

La périphérie du concept d'externalisation témoigne d'une réelle complexité, due à l'enchevêtrement de pratiques voisines. Une telle proximité amène à de sérieux risques de confusion. Une analyse comparative de ces notions connexes se pose donc en préalable indispensable.

L'ensemble des concepts: Externalisation, Sous-traitance, essaimage stratégique, gestion déléguée, filialisation, délocalisation, intérim: bien qu'ils soient distincts, gardent en commun les notions de :

- « Transférer, déléguer, confier... » ;
- « Une activité, fonction, processus... » ;
- « Pour une durée... » ;
- « Selon un contrat.... » ;
- « responsabilité : plus ou moins engagée... » .

#### **2.2.1 Externalisation et Sous-traitance**

Créer une nouvelle activité et en confier la gestion, dès sa création, à un prestataire, ne relève pas de l'externalisation. En effet, cette approche ne peut être qualifiée d'externalisation mais de sous-traitance ou de délégation d'activités [VENKATESAN, 1993]. Dans ce cas, il n'y a pas de transfert d'actifs et/ou de personnels, pas de phase de migration et de bascule, encore moins de réversibilité possible en cours ou à terme du contrat, puisque l'antériorité internalisée n'existe pas.

Fontaine [FONTAINE, 2002] repère trois points communs entre ces deux mouvements :

- Origine : la division du travail ou la répartition des tâches ;
- Auteur : les entreprises ;
- Mouvement vers l'extérieur : le fait de confier à un tiers.

Deux différences sont relevées :

- Au niveau du contrat : concernant l'externalisation, il s'agit d'un contrat entre le client (l'entreprise externalisée) et le fournisseur (le prestataire). Le résultat final est au bénéfice de l'entreprise demandeuse. Tandis que pour la sous-traitance, il relève l'existence de sous-contrats. Le résultat sera au bénéfice du client final qui n'est pas forcément l'entreprise demandeuse.
- Au niveau de l'objet : dans le cas de l'externalisation, la fonction externalisée doit faire partie des fonctions internes de l'entreprise. Pour la sous-traitance, l'activité en question concerne l'exécution de tout ou une partie du contrat conclu avec un client.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### *2.2.2 Externalisation et Impartition*

La notion d'impartition est peu évoquée dans la littérature. Pourtant, les similitudes avec l'externalisation sont nombreuses. Barreyer et Bouche [BARREYER & BOUCHE, 1982] définissent l'impartition comme suit : il y a impartition lorsqu'une entreprise placée devant l'option « faire ou faire- faire » choisit le second terme de l'alternative.

L'étude empirique de Martin [MARTIN, 2002] sur la recherche et le développement nous permet de dissocier l'externalisation de l'impartition :

**Objectif** : l'externalisation et l'impartition visent toutes les deux à une meilleure compétitivité. La première est basée sur une relation de type client-prestataire et la seconde est fondée sur la solidarité inter -entreprises (partenariat, coopération...).

**Moyens** : il n'y a pas de transfert d'actifs dans l'impartition alors que celui-ci est la spécificité de l'externalisation.

### *2.2.3 Externalisation et Concession*

D'après Fontaine [FONTAINE, 2002], le point commun entre ces deux approches consiste en la mise en place d'une relation durable présentant des caractères intégratifs marqués.

Leur différence porte sur la destination finale de la prestation. Comme pour la sous-traitance, lors de la concession l'entreprise fait accomplir par un concessionnaire une prestation qui est destinée à l'utilisateur final.

### *2.2.4 Externalisation et Essaimage*

L'essaimage est tout encouragement ou assistance qu'une entreprise économique accorde à des promoteurs issus de son personnel en venant de l'extérieur pour les inciter à créer des entreprises indépendantes ou à poursuivre une activité qu'elle exerçait elle-même auparavant. Les liens qui unissent essaimage et externalisation sont complexes à démêler. L'étude de [BRENET, 2000] permet d'apprécier les positions suivantes :

- L'essaimage conduit plutôt à la création d'entreprises de petite taille ; il s'agit dans cette perspective, d'une modalité de PMIsation économique c'est-à-dire l'éclatement de la structure actuelle de l'organisation qui est obtenu par la vente de branches d'activités soit à des repreneurs de forme PME, soit au personnel lui-même [NUNES, 1991].
- L'essaimage peut concerner l'exploitation d'activités, de produits ou de services auparavant au sein de l'entreprise; il s'agit dans cette perspective d'une modalité d'externalisation, également appelée essaimage industriel.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **2.3 Les déterminants de succès d'une opération d'externalisation**

#### **2.3.1. La décision d'externalisation**

La problématique économique de l'externalisation n'est qu'une des nombreuses déclinaisons d'une problématique plus générale : pourquoi, et surtout comment ceux qui dirigent une entreprise envisagent, décident, mettent en œuvre, exploitent et optimisent les combinaisons variables des ressources internes et/ou externes qui leur sont nécessaires pour réaliser leurs objectifs [CHATER et al., 2013] ?

L'analyse décisionnelle de « faire ou faire faire » consiste tout d'abord à faire le point sur les ressources internes de l'entreprise puis à comparer les avantages et les inconvénients d'une externalisation. [DESREUMAUX & ROMELAER, 2001].

Le recours à l'externalisation est une décision stratégique, longuement mûrie, qui induit un grand nombre d'effets dans l'organisation de l'entreprise et dans les conditions futures de son activité. Cette décision repose sur la prise en compte successive de trois règles.

- L'appartenance au cœur de métier: Selon Barthélemy [BARTHELEMY, 2000], le critère de décision central en matière d'externalisation repose sur la distinction entre les activités qui font partie du « cœur de métier » et celles qui n'en font pas partie. Toutes les activités qui ne relèvent pas du « cœur du métier » peuvent être externalisées. Ce raisonnement repose sur la logique de la division du travail et de la spécialisation, formulée par Adam Smith des la fin du XVIIIe siècle.
- Le niveau de performance: Lorsque le niveau de performance d'une activité réalisée en interne est inférieur à celui des meilleurs prestataires du marché, il est recommandé de l'externaliser. Le recours à des prestataires spécialisés permet de réduire les coûts, d'améliorer la performance de l'activité et de réallouer les ressources dégagées au « cœur de métier ». [BRAVARD et al., 2007]
- Le niveau des coûts de transaction : Les opérations d'externalisation génèrent souvent des coûts de transaction élevés. La prise en compte des coûts de transaction a un impact direct sur la décision d'externalisation car ils peuvent réduire à néant les économies obtenus par l'externalisation.

##### 2.3.1.1. Les apports de la théorie des coûts de transaction

D'après la théorie des coûts de transaction, le choix entre la réalisation d'une activité en interne ou en externe est fonction des coûts totaux générés par cette activité. Ces coûts prennent deux formes : les coûts de production et les coûts de transaction.

L'externalisation permet généralement de réduire les coûts de production en profitant des économies d'échelle réalisées par les prestataires. En revanche, l'externalisation implique souvent des coûts de transaction élevés [BARTHELEMY, 2001].

Le niveau des coûts de transaction varie en fonction des trois « risques contractuels » [WILLIAMSON, 1985] :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- 1) *La spécificité des actifs*, c'est-à-dire l'adaptation du personnel et des équipements aux besoins particuliers d'une entreprise ;
- 2) *L'incertitude* quant au comportement du prestataire et à l'évolution de l'environnement ;
- 3) *La fréquence* d'utilisation de l'activité.

De plus, la spécificité des actifs est le déterminant central de la décision d'internaliser ou d'externaliser. L'externalisation d'activités reposant sur des actifs fortement spécifiques est à éviter car elle implique deux risques majeurs pour l'entreprise :

- Le hold-up : Plus les actifs transférés sont spécifiques, plus il est difficile de changer de prestataire ou de réintégrer une activité externalisée. Par conséquent, le prestataire pourra être tenté de se comporter de façon opportuniste en augmentant ses tarifs (à prestation égale) ou en réduisant la qualité de sa prestation (à tarif égal) ;
- La standardisation des actifs transférés [ANG & CUMMINGS, 1997]. Les économies d'échelle contribuent en grande partie à l'avantage des prestataires par rapport aux services internes. Or, pour obtenir des économies d'échelle significatives, les prestataires sont contraints de mutualiser les ressources utilisées pour leurs différents clients. La « standardisation » des actifs qui en résulte se fait généralement au détriment de chaque client pris individuellement.

### 2.3.1.2. Les apports de la théorie de la ressource

Contrairement à la théorie des coûts de transaction, la théorie de la ressource est encore en cours de développement. Elle repose sur une idée simple : les différences de performance entre les entreprises d'une même industrie peuvent être expliquées par des différences en matière de ressources et de compétences. L'objectif du management est alors d'identifier, de protéger, d'exploiter et de créer des ressources et des compétences permettant de générer un avantage concurrentiel durable [ARREGLE, 2000].

Le « cœur de métier » peut être défini comme les activités pour lesquelles une entreprise dispose d'un avantage concurrentiel [ALEXANDER & YOUNG, 1996]. D'après la théorie de la ressource, les ressources et compétences qui sous-tendent de telles activités doivent présenter quatre caractéristiques : *valeur*, *rareté*, *imitabilité imparfaite* et *substituabilité imparfaite* [BARNEY, 1991].

D'après la théorie de la ressource, nous pouvons tirer les implications qui suivent : Les activités qui font partie du « cœur de métier » d'une entreprise doivent être conservées à l'intérieur de l'entreprise car elles fondent son avantage concurrentiel. À l'inverse, les activités qui ne font pas partie du « cœur de métier » peuvent être externalisées [QUINN & HILMER, 1994].

L'externalisation de telles activités présente un intérêt direct et indirect. L'intérêt direct réside dans la baisse des coûts et l'amélioration de la performance permise par le recours à des prestataires spécialisés. L'intérêt indirect réside dans la réallocation des ressources financières

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

économisées dans le « cœur de métier » de l'entreprise. Il en résulte alors une création de valeur accrue au niveau de l'ensemble de l'entreprise. [BARTHELEMY, 2003].

Contrairement à la théorie des coûts de transaction, nous pouvons noter que la théorie de la ressource ne se focalise pas uniquement sur la réduction des coûts au niveau de l'activité.

Elle raisonne en termes de création de valeur au niveau de l'ensemble de l'entreprise, entendue comme un portefeuille de ressources et de compétences [CONNER & PRAHALAD, 1996].

### *2.3.2. La gestion de la relation avec le prestataire*

Savoir déterminer si une activité peut être externalisée n'est que la première condition du succès d'une opération d'externalisation. La seconde condition – tout aussi importante – est de bien savoir gérer la relation avec le prestataire. Si la théorie de la ressource est totalement muette sur ce thème, la théorie des coûts de transaction apporte un véritable éclairage. Le succès d'une opération d'externalisation repose sur l'adéquation entre le niveau des risques contractuels et le type de contrat utilisé. Plus la spécificité des actifs, l'incertitude et la fréquence sont élevées, plus il est nécessaire d'utiliser une forme contractuelle évoluée.

Les caractéristiques et les modalités d'utilisation des trois principaux types de contrats sont les suivantes [MACNEIL, 1978] :

- *Les contrats classiques* sont utilisés pour gérer des opérations d'externalisation simples. Les risques contractuels sont faibles et l'entreprise externalisatrice a le choix entre un grand nombre de prestataires. Les contrats sont de court terme car il est facile et peu coûteux de changer de prestataire. L'accent est mis sur les documents formels et l'aspect relationnel intervient très peu ;
- *Les contrats néoclassiques* sont des contrats détaillés, utilisés pour gérer des opérations d'externalisation complexes. Les risques contractuels sont élevés et les contrats sont très détaillés. Ils comportent des clauses nombreuses et détaillées (par exemple, mesure de performance, évolutivité de la prestation, résolution des conflits, sortie du contrat, etc.). L'accent est mis sur les documents formels plus que sur l'aspect relationnel;
- *Les contrats relationnels* permettent de gérer des opérations d'externalisation encore plus complexes. Bien que les risques contractuels soient très élevés, les contrats relationnels ne sont pas forcément très détaillés. En effet, la relation prend la forme d'une « mini-société » organisée autour de normes progressivement co-construites par les deux partenaires.

En résumé, les relations contractuelles peuvent être organisées sur un continuum. Plus les risques contractuels sont élevés, plus les contrats sont détaillés. Au-delà d'un certain seuil toutefois, le développement de normes relationnelles devient nécessaire pour pallier l'impossibilité de tout prévoir dans le contrat.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **2.4. Les bénéfices de l'externalisation**

Les motivations qui sous-tendent les opérations d'externalisation ont largement évolué. Traditionnellement, l'externalisation avait pour objectif principal la réduction des coûts. Aujourd'hui, la nécessité de créer de la valeur pour l'actionnaire incite les entreprises à transférer hommes et équipements vers des prestataires spécialisés afin d'alléger leur bilan et d'accroître leurs ressources financières et managériales sur les activités créatrices de valeur : «le cœur du métier» [QUINN & HILMER, 1994]. Les bénéfices de l'externalisation peuvent être multiples pour l'entreprise mais dépendent de la logique d'externalisation retenue. Dans une approche offensive de création de valeur pour les clients, la maîtrise de la relation de service sur toute la chaîne du service peut rencontrer les bénéfices suivants :

#### *2.4.1. Amélioration de la focalisation*

En externalisant certaines activités, nous pouvons d'avantage se concentrer sur les tâches fondamentales. L'outsourcing permet donc de se focaliser davantage sur les activités essentielles [HAMEL & PRAHALAD, 1994]. Le raisonnement consiste à dire que les organisations doivent se concentrer sur les activités qui peuvent apporter une valeur ajoutée et un avantage compétitif et ont intérêt à externaliser les activités périphériques dont la valeur ajoutée est moindre [SIEGEL, 2000]. Ainsi, les tâches de support peuvent être confiées à un fournisseur dont c'est justement l'activité fondamentale. Ce transfert à un fournisseur externe permet de consacrer davantage de temps, de moyens et d'attention à des activités importantes sur le plan stratégique [BRAGG, 1998].

L'outsourcing libère ainsi des collaborateurs internes qui peuvent dès lors s'occuper d'activités stratégiques produisant davantage de valeur ajoutée.

#### *2.4.2. Accès à des compétences de haut niveau*

Un autre motif possible est le besoin de connaissances spécialisées qui ne sont pas disponibles en interne [GALANAKI & PAPALEXANDRIS, 2005]. L'outsourcing peut ainsi constituer une stratégie délibérée pour profiter des avantages offerts par des innovations émergentes. L'utilisation de ces connaissances spécialisées est considérée comme une source importante de valeur.

#### *2.4.3. Réduction et contrôle des coûts*

Les organisations peuvent recourir à l'outsourcing pour réduire leurs coûts [QUELIN & DUHAMEL, 2003]. Aujourd'hui, les entreprises se voient souvent contraintes de fournir, d'une manière ou d'une autre, une plus grande valeur à un coût moindre. Une des solutions pour atteindre cet objectif est de se limiter aux activités essentielles et d'externaliser les tâches plus périphériques, en profitant des économies d'échelle réalisées par le fournisseur [BLUMBERG, 1998]. Un fournisseur externe peut réaliser ces économies d'échelle en regroupant les activités similaires d'un grand nombre de clients [KLAAS, 2003]. Les économies d'échelle vont en outre souvent de pair avec des économies de compétences et des économies de gamme. Les économies de compétences sont liées au fait que le fournisseur développe une grande expertise en travaillant pour différentes organisations. La réalisation

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

d'économies de gamme s'explique par le fait que le fournisseur peut exploiter dans d'autres processus les connaissances qu'il a acquises.

De plus, les organisations peuvent aussi recourir à l'outsourcing pour mieux contrôler leurs coûts [DAVIDSON, 2005]. En effet, l'externalisation permet de rendre la structure des coûts plus claire et plus transparente et peut aussi rendre certains coûts plus prévisibles et donc plus facilement contrôlables. De par la relation contractuelle avec le fournisseur, nous pouvons aussi davantage évaluer et déterminer les coûts à l'avance. Tout ceci permet une meilleure maîtrise des coûts.

### *2.4.4. Amélioration de la qualité*

L'objectif d'amélioration de la qualité peut aussi être un motif pour recourir à l'outsourcing. Les fournisseurs se concentrent généralement sur un nombre limité d'activités. Grâce à cette spécialisation, ils peuvent plus facilement développer une vaste expertise [LACITY & HIRSCHHEIM, 1993]. Cette expertise peut se traduire par une plus grande qualité des services au profit de l'organisation qui externalise. En outre, il arrive souvent qu'une démarche d'externalisation déclenche une prise de conscience. L'idée de l'outsourcing surgit alors afin de faire une analyse comparée des différentes possibilités d'amélioration. Si l'on opte pour l'externalisation, nous pouvons fixer des critères de performances et de qualité qui doivent garantir le niveau de qualité souhaité.

### *2.4.5. Flexibilité opérationnelle et financière*

L'outsourcing peut parfois permettre une plus grande flexibilité opérationnelle [BRAGG, 1998; JURISON, 1995]. Les processus de support peuvent, à certaines périodes, être confrontés à de sérieux problèmes de capacité. Dans une telle situation, le recours à un fournisseur externe peut constituer un instrument de flexibilité efficace [ALEXANDER & YOUNG, 1996]. L'outsourcing est alors utilisé pour réagir aux fluctuations rapides de la demande interne. Il permet aussi à ce moment d'accroître la flexibilité financière. Les coûts peuvent évoluer en fonction de la demande réelle de services. Nous ne payons que ce dont nous avons besoin. En remplaçant un certain nombre de frais fixes par des frais variables, l'organisation est davantage en mesure de réagir de manière flexible aux mutations de son environnement [LONSDALE & COX, 1998].

### *2.4.6. Renforcement de la capacité d'innovation*

L'outsourcing peut renforcer la capacité d'innovation [GILLEY & RASHEED, 2000]. Cette formule permet à l'organisation de changer de fournisseur lorsqu'une nouvelle technologie est disponible sur le marché, ce qui est tout bénéfique pour la capacité d'innovation. Nous avons ainsi accès aux techniques modernes, sans devoir en supporter le coût. Cela profite bien entendu à la position concurrentielle de l'entreprise.

De manière générale, la liste que nous avons établie n'est pas exhaustive. Elle énumère toute une série de bénéfices, mais cela ne permet pas de prendre en compte l'aspect dynamique, c'est-à-dire l'évolution de la motivation des entreprises qui externalisent.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Ainsi, la littérature internationale ne souligne souvent que l'outsourcing, qui était initialement un instrument de réduction des coûts, est devenu en peu de temps une méthode pour créer davantage de valeur ajoutée [GILLEY *et al.*, 2004; KAKABADSE *et al.*, 2003].

### **2.5. Les limites de l'externalisation**

Les limites de l'externalisation seront atteintes lorsque l'externalisation aura un impact sur l'outil de production. Ces limites peuvent être :

- Techniques, liées à la difficulté de conserver le savoir-faire interne sur les équipements sensibles, même si des opérations complexes sont ponctuellement confiées à des spécialistes ;
- Stratégiques, avec le risque de défaillance d'un prestataire pouvant mettre l'entreprise en danger [BARTHELEMY, 2007].

#### *2.5.1. Perte de savoir-faire en interne*

L'examen de la littérature révèle que la sous-traitance peut mener à un appauvrissement des savoirs-faires des personnels internes. Ce phénomène de perte de connaissances est également appelé « amnésie d'entreprise » [SHARIF *et al.*, 2005].

Dans le cas où une partie des activités d'une entreprise est sous-traitée, les personnels de l'entreprise utilisatrice qui assuraient ces activités deviennent fréquemment des gestionnaires de sous-traitants. Selon Thébaud-Mony [1993], le travail des salariés permanents des entreprises dominantes consiste de plus en plus dans des tâches de surveillance et de contrôle des activités sous-traitées. Le personnel interne s'éloigne ainsi de la réalité du terrain et de la réalisation des activités concernées, et son expertise diminue.

Cela sous-entend que le donneur d'ordres ne pourrait plus juger de la pertinence des solutions et de la qualité des prestations.

#### *2.5.2. Risque de dépendance technique envers les prestataires*

En sous-traitant une partie de son activité à un prestataire, l'entreprise utilisatrice peut se retrouver en situation de dépendance technique envers cette entreprise. Une défaillance de ce prestataire risquera de mettre en danger l'entreprise utilisatrice. Ceci est d'autant plus vrai si les compétences de ce sous-traitant sont rares et que peu d'entreprises proposent les mêmes prestations.

## **3. Conclusion**

La maintenance est passée de l'entretien et du dépannage vers une activité optimisée et productive dans les entreprises opérant dans les secteurs industriels, tout en assurant la sécurité du bien et du personnel, ainsi, la sûreté de fonctionnement des équipements de production. La maintenance est devenue plus structurée, avec une maintenance adaptée à chaque type de défaillance redoutée et la mise en place de véritables stratégies de maintenance qui impliquent les acteurs de la maintenance, de l'exploitation, ou encore les



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

concepteurs. Le recours à des prestataires externes connu un véritable boom ces vingt dernières années avec de fortes évolutions. L'externalisation des activités de maintenance devient une caractéristique des économies modernes et les industriels ne peuvent plus s'en passer.

Dans les économies modernes, les entreprises prestataires spécialisées sont nombreuses et y avoir recours permet d'améliorer sa compétitivité. Les heures sous-traitées ont fortement augmenté, passant progressivement d'une sous-traitance de capacité lors des pics de demande, à une externalisation qui entre dans le cadre de partenariat ; les entreprises donneuses d'ordres abandonnant certaines activités pour se recentrer sur leur cœur de métier et améliorer leur productivité. La sous-traitance a également connu une évolution structurelle passant d'une sous-traitance dite en râteau avec un seul niveau de sous-traitance, vers une sous-traitance en cascade. Quand à l'évolution des problématiques de la rentabilité ; elle a été fortement conditionnée par la complexité croissante des systèmes de production. Cependant, la fiabilité humaine a révélé que l'homme peut être un facteur de fiabilité par ses réactions et ses décisions d'action et qu'il peut être porteur de risques par ses mauvaises décisions et les dysfonctionnements qu'il peut provoquer. Le recours à des outils d'aide à la décision a eu comme principal objectif d'encadrer strictement le processus d'externalisation des activités de maintenance qui sont considérés comme le maillon faible du progrès du chiffre d'affaire des organisations industrielles.

## **Chapitre II : LA DEMARCHE D'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

---

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **1. Introduction**

Sous la pression de la globalisation de l'économie, de la concurrence et face à la réduction du cycle de vie du produit, les entreprises cherchent de nouvelles formes d'organisation fondées sur une meilleure maîtrise de leur savoir-faire et une gestion optimale de leurs activités stratégiques. Ces différents facteurs les conduisent, entre autres, à optimiser l'exploitation des installations et équipements de production garantissant ainsi l'amélioration de la productivité. Dans ce contexte, la maintenance de l'outil de production constitue un enjeu économique décisif pour ces entreprises, tant sur le plan économique qu'humain. Cependant, depuis quelques années, les activités de maintenance ont connu des mutations perpétuelles et de fortes évolutions sous la pression des exigences de productivité et des besoins en matière de compétences pointues et de moyens appropriés. Afin de proposer des produits innovants et de qualité, certaines entreprises se recentrent sur les activités amont ou aval, ce qui les conduit à optimiser l'allocation des ressources et à confier un certain nombre de leurs activités à des fournisseurs extérieurs, en ayant recours à l'externalisation [MEIER et al., 2007]. En effet, l'externalisation de la maintenance est associée à l'idée de la recherche de recentrage sur le «cœur de métier » et les entreprises ont une tendance forte à se spécialiser en se recentrant sur leur métier de base.

Pour les donneurs d'ordre, cela implique la mise en place d'une politique de maintenance externalisée. Pour y parvenir, l'organisation de la maintenance doit prendre en compte les différents moyens humains, économiques et matériels en vue d'améliorer les performances, la fiabilité, la disponibilité et la sécurité des équipements.

Certaines entreprises ont déjà eu recours à une maintenance externalisée qu'elle soit partielle ou complète. Mais pour d'autres, l'externalisation de la maintenance n'est pas une décision facile à prendre. La perte de savoir-faire et la dépendance vis-à-vis du prestataire sont les risques inhérents à l'externalisation qu'il faut avoir bien ciblé.

Il n'existe pas de solution miracle à l'externalisation, ce choix sera propre à chaque entreprise, « faire ou faire faire » dépend des facteurs économiques, humains et matériels et chaque cas possède des avantages et des inconvénients. Toutefois, l'externalisation doit s'inscrire dans le cadre des choix stratégiques de l'entreprise.

Afin de garantir la réussite de l'externalisation de la fonction maintenance, nous proposons un processus qui sera indispensable pour les donneurs d'ordre souhaitant profiter des avantages de l'externalisation. Nous présentons par la suite une démarche standard basée sur des méthodes et qui prend en considération les facteurs : humain, économique et technique de l'entreprise concernée. Cette démarche constitue la colonne vertébrale du processus d'externalisation et un outil d'aide au choix à l'externalisation des activités de maintenance.

Par ailleurs, l'attention a été volontairement portée sur une étude de cas d'entreprises industrielles marocaines. Une telle étude nous a permis de dresser l'état actuel en matière d'externalisation des activités de maintenance.

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## ***2.1 Présentation de la problématique***

La problématique économique de l'externalisation (ou « outsourcing ») n'est qu'une des nombreuses déclinaisons d'une problématique plus générale : pourquoi, et surtout comment ceux qui dirigent une entreprise envisagent, décident, mettent en œuvre, exploitent et optimisent les combinaisons variables des ressources internes et/ou externes qui leur sont nécessaires pour réaliser leurs objectifs ?

Les variations des théories économiques autant que celles des pratiques managériales témoignent de la difficulté dynamique d'adapter les frontières et les ressources de l'entreprise aux exigences évolutives de l'efficacité économique. Durant les deux dernières décennies 1990-2010, la pratique de l'externalisation, et surtout de la maintenance, a progressé rapidement. Cette croissance offre aux chercheurs un large et riche champ d'investigation à partir duquel il est possible d'extraire, à destination des décideurs économiques et de la communauté scientifique, une grille d'analyse renouvelée de ce phénomène aux implications multiples pour l'entreprise. L'opportunité de la décision concentre plus fréquemment l'attention des économistes que l'examen scientifique de ce qui fait le succès de leur mise en œuvre et de leur fonctionnement.

Un nécessaire rééquilibrage de la vision trop communément admise de l'externalisation nous permettra, au-delà d'un schéma explicatif éprouvé des différents types d'externalisations, d'établir une cartographie des facteurs qui en font le succès, tant dans leur mise en œuvre que dans leur fonctionnement opérationnel. Enfin, pour favoriser le progrès et la qualité des décisions et processus managériaux liés à cette problématique, nous tenterons de répondre plus particulièrement à la question suivante : l'externalisation de la maintenance est sûrement profitable, mais comment procéder pour concrétiser ses avantages financiers, humains et techniques, dans un marché évolutif et concurrentiel? [FIMBEL, 2002].

## ***2.2 La maintenance externalisée : quelle tendance ?***

Si l'externalisation des tâches de maintenance pour des raisons de coût constitue un choix stratégique pour les moyennes et grandes entreprises, aujourd'hui, il n'est pas sûr qu'elle convienne aux petites unités industrielles chez qui, souvent, une partie des tâches de maintenance est déjà assurée par les agents de production.

Quoi qu'il en soit, il est particulièrement difficile, en l'état actuel des choses, de prédire quelle sera l'évolution à terme du taux d'externalisation.

Cependant, chaque entreprise cherche à établir le meilleur équilibre entre :

- Les avantages :
  - ✓ Un meilleur coût ;
  - ✓ Le report de la gestion du personnel sur le sous-traitant.
- Et les freins, notamment conjoncturels :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- ✓ La maintenance conservée en interne sert de tampon en cas de baisse d'activité ;
- ✓ Une sous-utilisation des équipements de production n'incite pas à allouer des budgets pour leur entretien par des sous-traitants.

## **2. Comment réussir l'externalisation de la maintenance ?**

### ***2.1.Développement d'un processus d'externalisation de la maintenance***

Le succès de l'externalisation repose sur trois principaux facteurs [MEIER et al., 2007] :

- Une bonne compréhension des objectifs du client par le prestataire qui doit parvenir à intégrer les raisons pour lesquelles son client a décidé d'externaliser une partie de ses activités mais aussi ses principales contraintes en termes d'organisation et de fonctionnement ;
- La définition de la propre vision stratégique du client qui doit se traduire par une formulation claire des enjeux et la justification économique de l'externalisation ;
- Un engagement du client dans le suivi des opérations, dans la mesure où l'externalisation ne conduit pas nécessairement à un processus de désengagement et peut donc avoir des conséquences importantes sur le fonctionnement et la gestion de l'entreprise cliente.

Afin de concevoir une démarche permettant de guider le donneur d'ordre dans la prise des décisions liées aux choix stratégiques en matière d'externalisation de la maintenance, il faudra prendre en considération les éléments suivants [AKSISSOU, 2006] :

- Il n'existe pas de modèle figé ou type pour décider ou manager un projet d'externalisation de la maintenance même pour des entreprises relevant du même secteur. Tout dépend du contexte dans lequel il convient de faire apparaître les solutions les plus pertinentes. Globalement, la démarche est à peu près la même mais chaque cas sera traité de manière différente selon les spécifications des entreprises ... ;
- La nécessité d'implication de l'entreprise dans la stratégie de développement du prestataire et vis versa ;
- La démarche globale devrait exister de part et d'autre, côté client et côté prestataire ;
- L'externalisation partielle et progressive, pourra être intéressante dans le plan de développement stratégique des grandes entreprises ;
- L'externalisation de la maintenance est une décision stratégique à risque qui revient au conseil d'administration. La direction générale se charge de l'application à la base généralement d'une proposition commune entre le service production et le service maintenance sensés être visionnaires pour apporter les

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

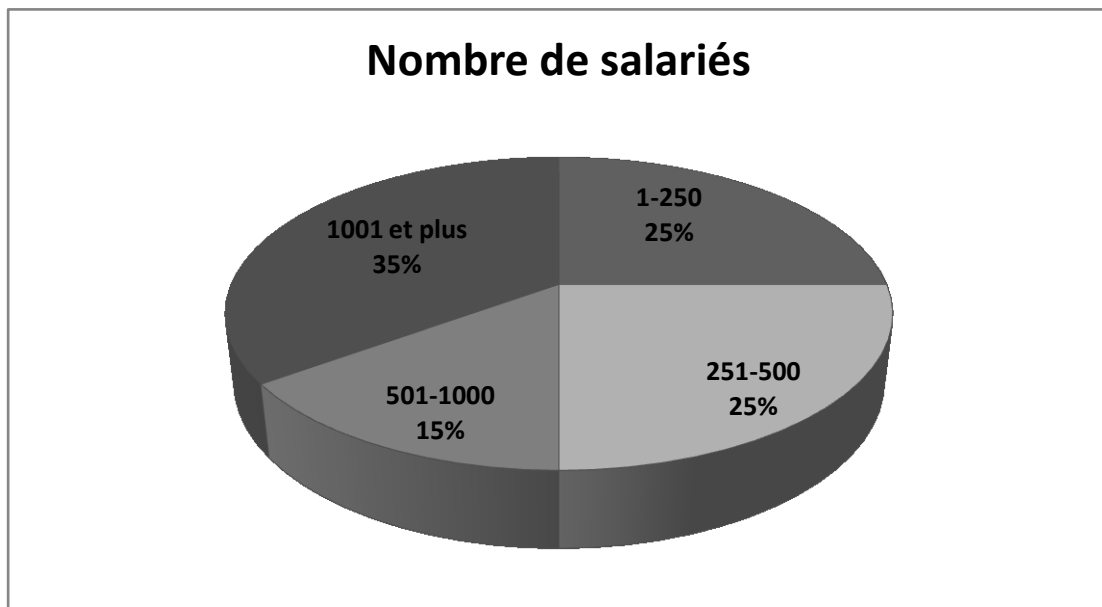
arguments nécessaires à la direction générale qui, à son tour, doit mener une étude financière ;

### *3.1.1 Etude de cas des entreprises marocaines*

Dans le but de répondre au besoin des entreprises industrielles marocaines en termes de performances et d'optimisation des coûts de maintenance, nous avons élaboré un questionnaire composé de six axes et intégrant différentes modalités de réponses : choix multiples, réponses fermées ou réponses ouvertes. Ce questionnaire nous permettra de cerner leurs politiques d'externalisation. Il se veut avant tout exploratoire, à travers lequel nous cherchons à comprendre le phénomène d'externalisation de la maintenance de manière globale dans les entreprises industrielles. Ainsi, lors de son établissement, nous nous sommes intéressés aux réponses liées aux questions suivantes :

- Quelle est la perception des managers par rapport à la stratégie d'externalisation?
- Quels sont les avantages et les risques liés à l'externalisation de la maintenance?
- Quelles sont les activités les plus externalisables ?
- Quel processus mettre en place pour maîtriser le management d'externalisation de la maintenance dans les entreprises industrielles ?

Plus que trente entreprises marocaines ont répondu à ce questionnaire. Celles-ci opèrent dans différents domaines industriels et ayant des tailles et structures différentes.



**Figure II. 1: Tendances en fonction du nombre de salariés**

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

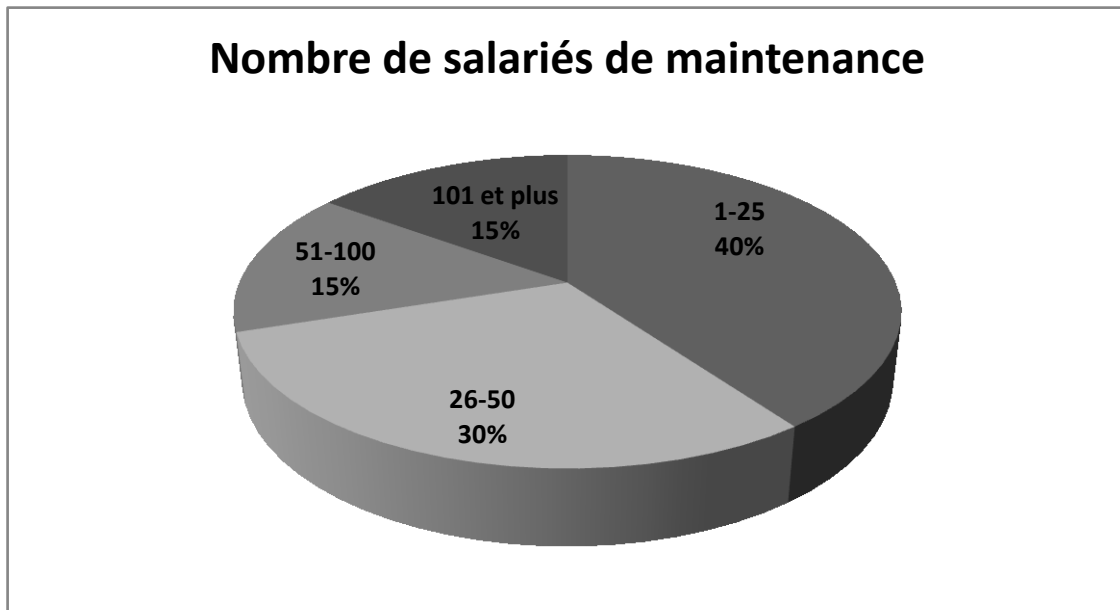


Figure II. 2: Tendances en fonction du nombre de salariés affectés au service maintenance.

A partir des résultats des figures II.1 et II.2, nous constatons que le nombre de salariés affectés au service maintenance ne dépend pas de la taille des entreprises sondées, et parfois nous se retrouvons devant des situations où le nombre de salariés affectés au service maintenance des petites et moyennes entreprises est supérieur à celui des grandes entreprises et des multinationales, ce qui signifie que ces dernières font appel à des prestataires de maintenance externes et par conséquent, à des compétences externes spécialisées.

Face à ces tendances d'externalisation des activités de maintenance, nous nous retrouvons devant une multitude de critères qui dépendent des spécificités de chaque entreprise. Cette situation peut s'expliquer par la diversité des secteurs d'activités et de la taille des entreprises sondées, ce qui justifie la différence des politiques suivies (figure II.3).

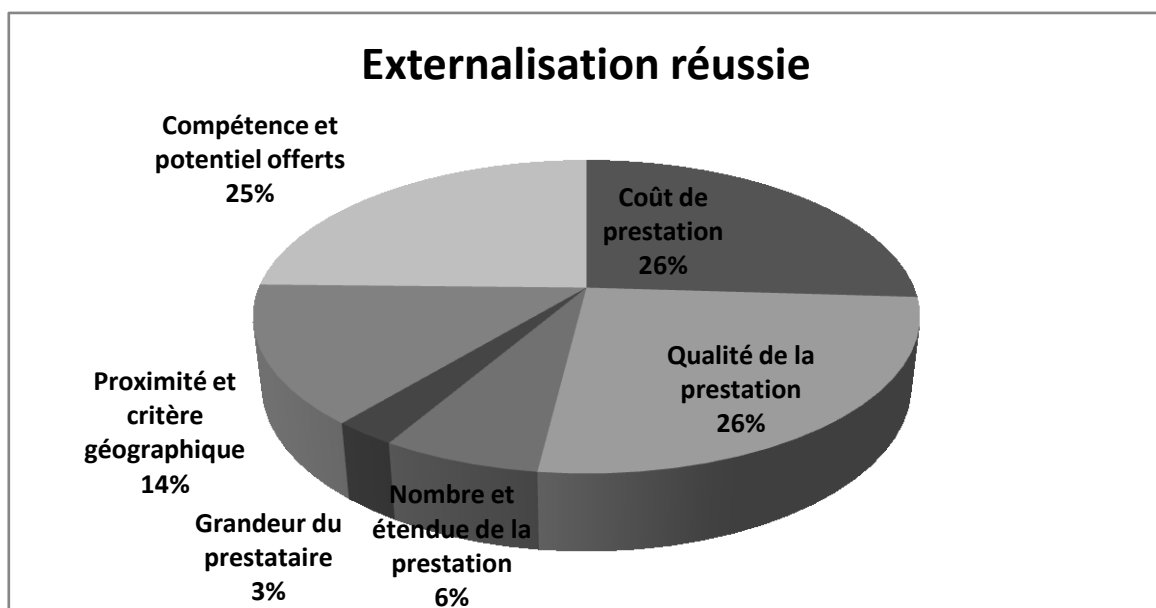
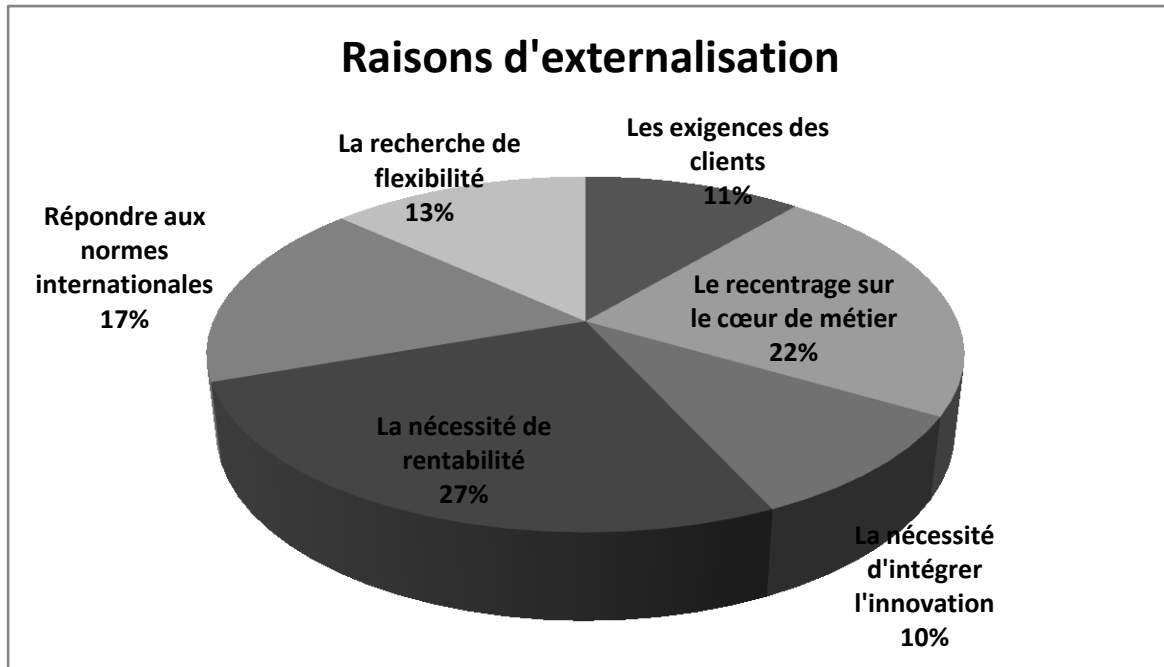


Figure II. 3: Les clés de réussite d'une externalisation de la maintenance selon les entreprises sondées.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Mais selon les entreprises sondées, la meilleure clé de réussite de l'externalisation réside dans la pratique d'une méthodologie précise, celle-ci doit prendre en considération les risques probables le long du processus d'externalisation, allant de la phase pré-décisionnelle, jusqu'à la phase post-externalisation, en passant par le suivi des prestataires.



**Figure II. 4: Les raisons d'externalisation.**

D'après la figure II.4 qui définit les raisons d'externalisation et l'objectif attendu de l'externalisation de la maintenance, par les donneurs d'ordres, et l'importance de l'externalisation en pourcentage du chiffre d'affaire des organisations, nous élaborons dans la partie suivante le processus d'externalisation de la maintenance approprié.

### *3.1.2 Le processus d'externalisation de la maintenance*

Notre contribution porte sur l'élaboration d'un processus d'externalisation de la maintenance basé sur les résultats du questionnaire, l'expérience des professionnels de la maintenance industrielle, des clauses juridiques et l'aspect commercial. Le processus proposé va servir de guide à l'externalisation des activités de maintenance. Ce guide permettra de répondre aux spécificités des entreprises diagnostiquées ; il est flexible afin d'élargir la fourchette d'externalisation et tendre vers un partenariat qui présente plus d'avantages et de bénéfices (figure II.5).



## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

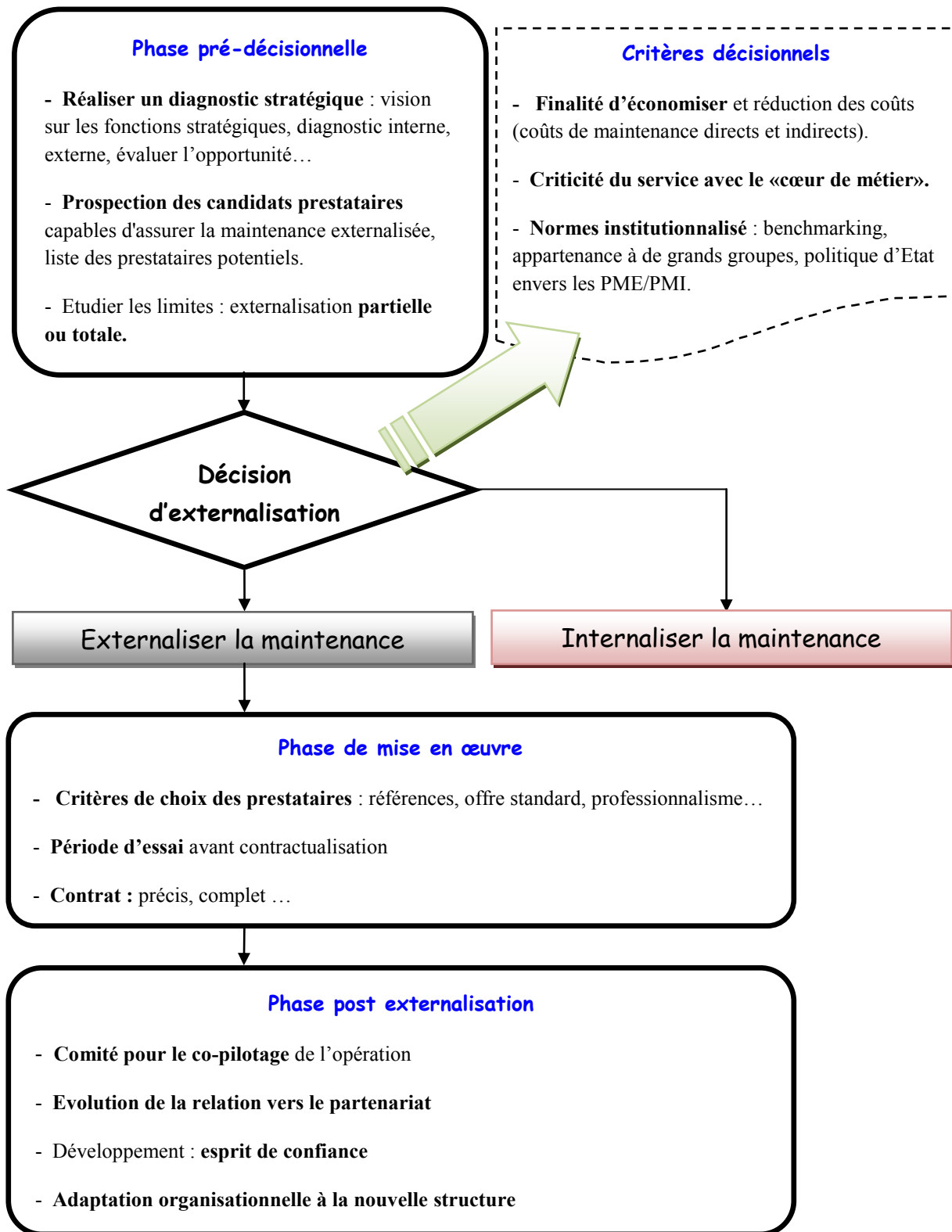


Figure II. 5: Processus d'externalisation de la maintenance (Chater et al., 2013).

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### ***a) Phase pré-décisionnelle pour l'externalisation de la maintenance***

Cette première phase qui représente la base du processus d'externalisation consiste à réaliser au préalable un diagnostic stratégique: qui consiste à avoir une vision claire du besoin des différentes fonctions de l'entreprise et l'élaboration d'un inventaire des installations existantes, afin de faire la distinction, à l'aide des outils et méthodes d'organisation de la maintenance, entre les activités vitales, indispensables et secondaires pour lesquelles une gestion extérieure est envisageable.

Réaliser une première étude technique et financière du service maintenance : l'étude technique permettra de déterminer les objectifs de l'externalisation de la fonction maintenance, la criticité des activités à externaliser, s'il s'agit d'une externalisation partielle ou complète et les besoins techniques attendus. Ensuite, mener une étude financière : calcul des coûts de maintenance, analyse des coûts directs et indirects, comparaison de ces coûts par rapport à ceux des entreprises ayant les mêmes caractéristiques, et par rapport à ceux des prestataires.

S'assurer de l'existence des candidats prestataires des services de maintenance capables d'assurer des missions avec des moyens adéquats, ayant les compétences requises et à des coûts compétitifs. Une prospection du marché de maintenance est nécessaire pour arrêter la liste des prestataires potentiels. Le rythme de l'externalisation idéal est à indexer en fonction de l'existence de ces prestataires capables de maîtriser l'activité externalisée.

### ***b) Phase de prise de décision***

En faisant appel à un professionnel de la maintenance, le donneur d'ordre recherche une diminution de ses dépenses. En intervenant chez le donneur d'ordre, le prestataire des services de maintenance doit dégager des bénéfices. Si cette double condition n'est pas respectée, l'externalisation conduit à l'échec. Cela pour trois raisons :

- La qualité de la prestation rendue s'affaiblira et les conséquences s'observeront quelques années plus tard ;
- Le climat social dans l'une ou l'autre des deux entreprises sera altéré ;
- Le bilan économique de l'opération sera moins bon et des surcoûts viendront remplacer les bénéfices escomptés.

L'externalisation de la maintenance porte majoritairement sur la maintenance préventive, et le système maintenance s'articule autour de trois foyers de progrès :

- La fiabilisation, c'est-à-dire l'éradication systématique de tout dysfonctionnement ;
- L'optimisation des plans de maintenance préventive ;
- L'augmentation progressive de la maintenance améliorative pour en faire l'activité majeure [LAVINA, 2008].

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Le cahier des charges doit être parfaitement défini : il doit être composé de check-lists d'opérations à planifier et, éventuellement, des modes opératoires décrivant les méthodes de diagnostic et de vérification. De plus, la prise en charge du préventif par un partenaire externe présente le double intérêt de :

- Libérer le personnel de la maintenance interne d'une activité récurrente et répétitive ;
- Eliminer le préventif du plan d'action de la maintenance interne, en concentrant les efforts sur les actions urgentes.

### **➤ Proposition d'une démarche d'externalisation de la maintenance**

Comme toute stratégie, l'externalisation d'une ou plusieurs activités demande une analyse préalable de la situation de l'entreprise et des perspectives en termes de réduction des coûts, d'efficacité, de souplesse et de simplicité. De manière générale, il est possible d'identifier un certain nombre de points critiques à étudier [MEIER et al., 2007] :

- Analyse de la stratégie de l'entreprise et de son modèle de développement ;
- Etude détaillée de la chaîne de valeur économique de l'entreprise ;
- Identification des métiers et activités stratégiques à conserver ;
- Identification des zones éventuelles d'externalisation ;
- Etude des coûts, avantages et risques ;
- Définition des compétences internes à préserver ou à renforcer : le manque de moyens humains dans le contrôle de la prestation peut par exemple constituer un obstacle ;
- Recherche du profil du prestataire correspondant aux activités externalisables ;
- Clarification du contrat d'externalisation (durée, prix, mesure de la performance, évolutivité de la prestation, gestion des contentieux, clause de sortie ...) ;
- Définition des modalités pratiques de contrat (mode de fonctionnement, système de contrôle, gestion des interfaces, centre de pilotage ...) ;
- Précision et officialisation des critères de sélection, d'évaluation des résultats et de renouvellement des contrats ;
- Gestion anticipée des aspects humains dans le cadre et en dehors du contrat (transfert de personnel, gestion des compétences, redéploiement des salariés ...) ;
- Préparation minutieuse du plan de communication (présentation du projet, illustration de l'offre, calendrier, tableaux comparatifs des avantages, résultats attendus ...).

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### ***c) Phase de mise en œuvre***

Par rapport au temps global d'externalisation de la fonction maintenance, le temps de préparation dépend du type d'externalisation : consulter les partenaires, collecter des informations, confectionner un cahier des charges, échanger des idées...etc. Le temps nécessaire à la préparation est situé généralement entre six semaines et trois mois pour les entreprises privées (Environ un an pour les entreprises semi publiques).

Dimensions d'ordre sociales à considérer : dans l'opération d'externalisation de la fonction maintenance, le traitement de l'aspect humain est capital en termes de communication avant, pendant et après l'externalisation. Il faut une démarche pour accompagner une gestion des ressources humaines : responsabilité éthique, communiquer honnêtement, rassurer, exposer les garanties et les risques, informer et ce pour instaurer la confiance entre dirigeants et dirigés. Au cas où le personnel reste à l'entreprise, il convient de planifier une reconversion dans d'autres fonctions au sein de l'entreprise moyennant un programme de formation-reconversion.

Elaboration du contrat ou cahier des charges : compte tenu des implications de l'opération d'externalisation, il est nécessaire de produire un cahier des charges qui permet d'exprimer les attentes et de formaliser les modes de relation entre le donneur d'ordres et le prestataire. Le contrat, qui constitue la base de toute relation commerciale, garantit les parties contre le non-respect des prestations à réaliser et facilite la résolution des conflits potentiels. Les principales clauses à intégrer dans ce contrat sont [MOSCATI, 2003-2004] :

- Prévoir une durée contractuelle (de 3 à 5 ans) : s'agissant d'activités stratégiques ou importantes, c'est le temps nécessaire au développement du partenaire, tenu d'engager des investissements dans des équipements et de s'adapter avec l'entreprise externalisatrice ;
- Prévoir une période test ou d'essai, (environ 6 mois) pour l'évaluation des services. Le donneur d'ordre peut résilier le contrat s'il juge que la qualité des prestations est insuffisante ;
- Prévoir une clause relative aux obligations de résultats : en termes de réactivité, respect de l'image de l'entreprise, assurer un niveau de service et de qualité attendu. Des indicateurs de suivi des résultats sont à présenter sous forme de tableau de bord. Le contrat devrait prévoir une période de renégociation. Pour palier à une éventuelle défaillance du prestataire, il est nécessaire de prévoir une clause de réversibilité et/ou rupture du contrat ;
- Démarrer la relation du niveau client/fournisseur, et prendre le temps de se connaître, pour arriver au partenariat, où chaque partie intègre les contraintes de l'autre au niveau du cahier des charges : minimisation des coûts pour l'un et amélioration des marges pour l'autre ;

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Prévoir un accompagnement du prestataire, par le service maintenance interne, de manière à corriger à temps les éventuels défaillances et dysfonctionnements. Prévoir une résiliation du contrat le cas échéant ;
- L'accompagnement par un bureau d'études, d'expertise, ou de cabinets spécialisés est nécessaire pour aider à élaborer le cahier des charges ;
- Prévoir un système de paramétrage par des pénalités (partage des bénéfices bonus et malus en cas de défaillance).

Le cadrage juridique de l'externalisation : les donneurs d'ordre s'accordent pour confirmer qu'il n'existe pas de définition juridique du mot « Externalisation ». Le contrat reste le seul cadre juridique. Pour le cadrage juridique assuré par le contrat privé entre les deux partenaires, l'appel au conseil d'un juriste ou d'un avocat est fortement conseillé. Et particulièrement pour les managers des grandes entreprises publiques, le manque d'un cadrage juridique n'aide pas ces entreprises à externaliser leur service maintenance lié aux actifs relevant de la propriété de l'Etat [AKSISSOU, 2006].

Les critères les plus pertinents pour le choix du prestataire : les managers s'accordent pour sélectionner les prestataires selon des critères techniques mettant en avant les références du prestataire et son développement dans une perspective de bâtir un partenariat à long terme, basé sur une confiance réciproque, tel que :

- Les références du prestataire du service maintenance : sa structure (taille, ces moyens humains et matériels, logistiques et financiers), sa stratégie de développement, son historique en terme de relation client, des références et expériences solides, la maîtrise de la qualité en interne, l'appartenance à un réseau de partenaires internationaux ;
- Offre standard compétitive : qualité, prix, et délais de la prestation ;
- Professionnalisme.

Les différentes formules du contrat d'externalisation de la maintenance (chater et al, 2012) :

### ✓ **Maintenance à forfait**

Le prix est déterminé avant intervention. Il faut être attentif à la rédaction des clauses techniques qui doivent être parfaitement formulées. Le prix est indépendant des moyens mis en œuvre.

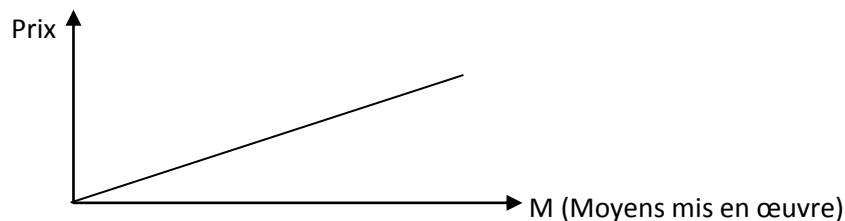


## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

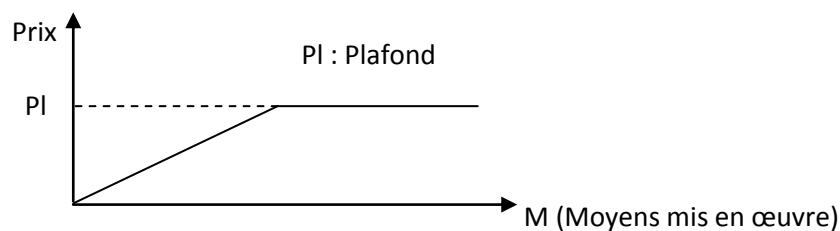
- **Avantages :**
  - Pour le client : Coût total connu à l'avance, contrôle facile ;
  - Pour le prestataire : Prévoir son budget.
- **Inconvénients :**
  - Pour le client : Marge de sécurité dans le prix des prestations, Coût de risques, problèmes de suppléments ;
  - Pour le prestataire : Difficulté à délimiter la prestation, Evaluations difficiles, coopérations difficiles.
- **Répartition des risques :** Le prestataire de maintenance assume les risques.
- **Cas d'application :** Activités de maintenance urgentes, travaux de maintenance mal déterminés, interventions nécessitant une coordination de l'utilisateur pour raison de sécurité.

### ✓ *Maintenance en dépenses contrôlées*

Le prix est déterminé après intervention suivant les moyens mis en œuvre par le cotraitant. Le prix est proportionnel aux moyens mis en œuvre. Et Combinaison de la maintenance à forfait et de la maintenance en dépenses contrôlées.



- **Avantages :**
  - Pour le client : Déclenchement rapide ;
  - Pour le prestataire : Pas de risque d'évaluation.
- **Inconvénients :**
  - Pour le client : Coût total inconnu à l'avance, contrôle nécessaire ;
  - Pour le prestataire : Pousse à réduire le niveau technique.
- **Répartition des risques :** L'utilisateur des moyens de production.
- **Cas d'application :** travail bien défini, travaux répétitifs, aléas réduits...



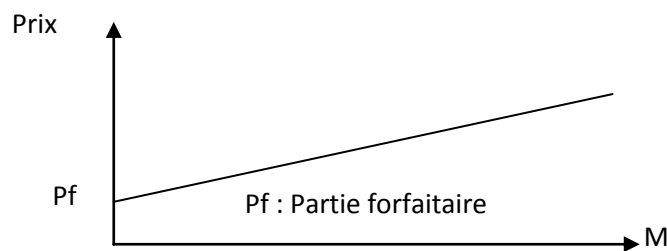
- **Avantages :**
  - Pour le client : Déclenchement rapide, coût maximal connu à l'avance ;
  - Pour le prestataire : Risque d'évaluation très limité.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

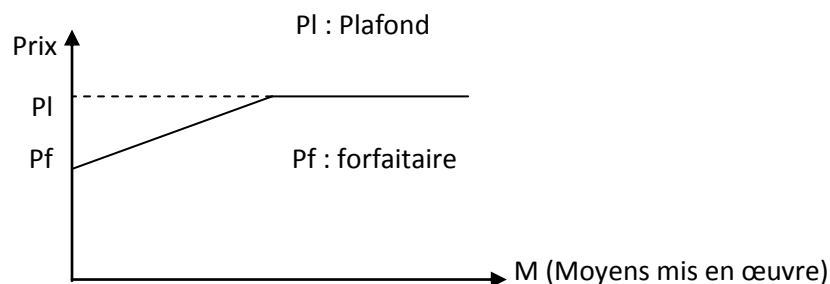
- **Inconvénients :**
  - Pour le client: Contrôle nécessaire ;
  - Pour le prestataire : réduction du niveau techniques des interventions.
- **Répartition des risques** : L'utilisateur jusqu'au plafond, et le prestataire au-delà.
- **Cas d'application** : Urgences, travail bien défini mais comportant des aléas...

### ✓ *Maintenance à forfaits partiels*

Le prix est constitué d'une partie forfaitaire pour un contenu donné et d'une partie en dépense contrôlée dépendant du supplément des moyens mis en œuvre. Les parties forfaitaires et proportionnelles sont des fractions des montants forfaitaires et dépenses contrôlées pour la même prestation de maintenance, et une maintenance à forfait partiel avec un plafond à ne pas dépasser.



- **Avantages :**
  - Pour le client : Intérêt des deux parties à l'efficacité, gain de temps (diminution du coût total), connaissance du coût probable à l'avance ;
  - Pour le prestataire : Contrat précis, risque limité, coopération facilitée.
- **Inconvénients :**
  - Pour le client: Pas de démarrage rapide, contrôle impératif des moyens, coût maximal indéterminé ;
  - Pour le prestataire : Compte rendu précis des moyens utilisés.
- **Répartition des risques** : Partagés.
- **Cas d'application** : Travaux bien définis, collaboration étroite souhaitable.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- **Avantages :**
  - Pour le client : Intérêt des deux parties à l'efficacité, coût maximal connu à l'avance ;
  - Pour le prestataire : Contrat précis, risque limité, coopération facilitée.
- **Inconvénients :**
  - Pour le client : Pas de démarrage rapide, contrôle impératif des moyens;
  - Pour le prestataire : Une étude plus approfondie pour le dépassement.
- **Répartition des risques** : Partagés jusqu'au plafond, prestataire de maintenance au-delà.
- **Cas d'application** : Travaux bien définis, collaboration étroite souhaitable, nécessité d'un budget.

### ✓ *Maintenance sur expertise*

Le prix comporte deux parties : une partie fixe déterminée avant l'intervention et une partie déterminée après intervention sur expertise pour les travaux des aléas indétectables avant démontage. Une expertise procède à l'établissement du devis. Certains travaux se chiffrent facilement, d'autres sont difficilement chiffrables, d'où les dispositions financières diverses.

- **Avantages :**
  - Pour le client : Commande de prestations bien déterminées, engagement de responsabilité du prestataire de maintenance ;
  - Pour le prestataire : risque limité, contrat précis.
- **Inconvénients :**
  - Pour le client : Décomposition en plusieurs phases allonge le délai des interventions;
  - Pour le prestataire : Indéterminé.
- **Répartition des risques** : Limitation des risques.
- **Cas d'application** : Travaux comportant des aléas indétectables avant démontage.

### *d) Phase post-externalisation*

La phase de post-externalisation est indispensable pour les donneurs d'ordre. Elle consiste à faire le suivi de la fonction maintenance externalisée à l'aide d'indicateurs techniques et financiers (tableau de bord). Ces indicateurs devraient être explicatifs. Externaliser ne signifie donc pas pour les responsables de s'en passer de la responsabilité interne directe, mais au contraire exige de disposer d'une équipe interne de suivi et d'audit de la maintenance formée de compétences locales.

A chaque phase doit correspondre un accompagnement spécifique, permettant d'aider les équipes à progresser dans les meilleures conditions possibles d'efficacité, de rapidité et de motivation.

Aussi, la réussite du démarrage conditionne l'avenir du contrat, comme il faut préparer la piste de travail du prestataire :



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Expliquer aux intervenants le projet ;
- Remettre en question le processus général ;
- Rédiger les procédures de mise en place : formations, plans de prévention, etc. ;
- Aider à la « prise en main » (plan de maintenance) ;
- Désigner un interlocuteur qui définit la forme et le fond des rapports.

Les idées essentielles évoquées pour cette phase de post-externalisation sont présentées par ordre d'importance :

- Suivi des résultats: peut être effectué à l'aide des tableaux de bord, en temps réel ou périodique trimestrielle, en ayant recours à un système d'informations si possible (GMAO). Ils sont à prévoir des indicateurs qui intègrent tout ce qui est contractuel avec des seuils d'alerte. L'évaluation permanente des résultats confirmera la spécialisation des prestataires des services maintenance par domaine d'excellence (selon le besoin des fournisseurs) ;
- Prévoir une entité de pilotage: comité chargé d'assurer les travaux de pilotage, de suivi, de reporting et de communication permanente entre les prestataires des services maintenance. Sorte de noyau dur, l'entité sera formée des compétences de maintenance et de production pour garder la maîtrise des outils de production de point de vue technique et technologique ;
- La relation de partenariat et l'esprit de confiance peuvent s'inscrire dans la durée;
- Réorganisation et adaptation avec la nouvelle structure, pour les deux partenaires.

### ***2.2. Elaboration d'un tableau de bord de suivi des prestations***

Auparavant, les entreprises mesuraient la performance de leurs prestataires de maintenance en se basant sur les résultats financiers. Elles ne se souciaient pas de l'efficacité opérationnelle des prestataires. Celle-ci est pourtant essentielle.

Les critères doivent être décidés conjointement avec le prestataire pour définir des performances réalistes. Il est essentiel de faire participer le prestataire à l'évaluation des types de travaux à effectuer sur les installations industrielles.

Par rapport aux critères de mesure de la performance des opérations d'externalisation du service maintenance, nous estimons que le succès d'une opération d'externalisation de la maintenance dépend plus largement de la bonne gestion du prestataire que du bon choix des activités à externaliser. En fait, la bonne gestion du prestataire s'articule sur les composantes : qualité du contrat et de la relation avec le prestataire.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Nous présentons dans le tableau suivant, les indicateurs spécifiques relatifs aux déterminants: les performances des opérations d'externalisation de la maintenance, la qualité relationnelle et contractuelle de l'activité externalisée. Une opération d'externalisation est considérée performante en comparant la performance de l'activité avant et après l'externalisation sur la base des critères de mesure de la performance, comme nous pouvons évaluer la performance aussi en comparant les années en cours avec les années précédentes (Tableau II.1).

**Tableau II. 1:** Indicateurs déterminants de la performance d'externalisation de la maintenance.

| Déterminants                                                            | Indicateurs de mesure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Les performances des opérations de la maintenance externalisée *</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Temps d'attente : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indisponibilité de main d'œuvre</li> <li>▪ Indisponibilité du matériel de diagnostic, de manutention, ...</li> <li>▪ Indisponibilité de la machine</li> </ul> </li> <li>○ Temps d'intervention : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maintenance préventive <ul style="list-style-type: none"> <li>• Révision</li> <li>• Conditionnelle</li> <li>• Systématique</li> <li>• Rondes</li> </ul> </li> <li>▪ Maintenance corrective <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifiée</li> <li>• Non planifiée</li> <li>• Curative</li> <li>• Dépannage</li> </ul> </li> <li>▪ Maintenance Améliorative</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Coûts : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coût de main d'œuvre</li> <li>○ Coût des pièces de rechange</li> <li>○ Frais généraux</li> <li>○ Coût de la maintenance préventive</li> <li>○ Coût de la maintenance corrective</li> <li>○ Coût de la maintenance améliorative</li> </ul> </li> <li>- Qualité : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Capacité de production</li> <li>○ Fiabilité des installations</li> <li>○ Sécurité</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>La qualité contractuelle</b>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect des articles du contrat.</li> <li>- Le contrat définissait précisément la prestation ?</li> <li>- Le contrat laissait une part importante à l'interprétation ?</li> <li>- Le contrat était complet et prenait en compte le plus grand nombre d'éléments possibles ?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>La qualité relationnelle</b>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un sentiment de confiance entre les partenaires ?</li> <li>- Une attitude coopérative des deux partenaires ?</li> <li>- Des échanges d'informations fréquents ?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

\* [Elfezazi et al., 2003]

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Le suivi des prestations de maintenance est essentiel. Il permet l'amélioration des performances et contribue ainsi à l'optimisation globale de la chaîne de production.

Les relations entre l'entreprise et le prestataire peuvent être de deux types : basées uniquement sur le conseil et l'exécution ou sur le décisionnel et la confiance.

### **3. Exemples de cas d'externalisation**

Même si les raisons au départ de l'externalisation des activités de maintenance sont souvent communes aux différents secteurs d'activité, chacun l'aperçoit finalement d'une façon différente. Lors de l'interprétation des résultats de notre questionnaire, tous les donneurs d'ordre ont répondu que la raison majeure, qui pousse une entreprise à externaliser ses activités de maintenance, est la recherche de rentabilité. Aujourd'hui, l'externalisation des activités de maintenance semble jouer un rôle plutôt organisationnel.

#### ***3.1. Cas d'externalisation des activités de maintenance réussie***

C'est le cas d'une grande entreprise multinationale, du secteur de l'industrie chimique, procédant à une externalisation de la maintenance suivant la démarche présentée précédemment. Les principales motivations d'externalisation de cette entreprise sont les suivantes :

- Accès à une main d'œuvre qualifiée et spécialisée ;
- Respect des normes de sécurité et de fiabilité grâce à une équipe de spécialistes ;
- Plus de flexibilité ;
- Réduction des effectifs ;
- Réduction des coûts.

Pour cette entreprise, les critères de choix des activités de maintenance à externaliser dépendent des types de travaux suivants :

- Les travaux nécessitant un grand effectif ;
- Les travaux exigeant des moyens spécifiques ;
- Les travaux exigeant une qualification poussée et la formation continue du personnel ;
- Les travaux demandant une gestion importante des consommables ;
- Les travaux répétitifs.

Afin de justifier la sous-traitance des activités à externaliser, nous allons faire une comparaison des montants de leur réalisation par les moyens internes et par les moyens d'une société prestataire, en se basant dans nos calculs sur le barème de facturation de l'exercice comptable de l'année 2009 :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Coût annuel de l'entretien et de la maintenance des installations d'éclairage, sont évalués à : **2 233 060,00 MAD**;
- Coût estimatif annuel de l'investissement d'externalisation : **1 200 000,00 MAD**.

L'externalisation de ses activités de maintenance a permis aussi de réduire l'effectif du service et de restreindre les tâches des agents à :

- La préparation et l'application des plans de maintenance préventive des équipements ;
- La supervision et l'encadrement des travaux externalisés, en termes de qualité et délai.

### ***3.2.Cas d'externalisation des activités de maintenance échouée :***

Dans ce cas, nous avons mené une enquête auprès des professionnels d'une multinationale du secteur de la cimenterie. Nous présentons les principales difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre d'externalisation des activités de maintenance.

Nous savons que le secteur de la cimenterie est extrêmement rationalisé et optimisé (par la mise en place de bureaux de méthodes de production). Pour pouvoir être efficient dans ce genre d'organisation, l'entreprise doit faire appel à d'autres acteurs pour gérer des activités ne faisant pas partie du cœur de métier. Au-delà de l'aspect purement économique, il semblerait que l'externalisation de quelques activités de maintenance joue véritablement un rôle stratégique puisqu'elle engage l'avenir de l'entreprise.

#### ***a) Les motivations d'externalisation***

Pour cette entreprise, l'externalisation de la maintenance est utilisée essentiellement pour assurer les entretiens généraux, les travaux neufs et pour l'amélioration du rendement des équipements. Elle permet à l'entreprise de disposer d'une plus grande flexibilité en termes de gestion de son organisation, et de réponse à la demande accrue de sa clientèle. L'entreprise souhaite baisser les prix de ses produits grâce à l'optimisation des coûts de production. Elle doit par conséquent augmenter la disponibilité des installations de production. Le responsable du service maintenance doit motiver ses choix, réduire les coûts de maintenance et gérer au mieux aussi bien les contraintes internes que les contraintes externes telles que la réglementation et la concurrence. Les enjeux pour ce service est de chercher le meilleur compromis entre des objectifs contradictoires. L'externalisation des activités de maintenance apporte certaines réponses, elle permet de modifier la structure des coûts. Le recours à un prestataire de service semble apporter une flexibilité vivement souhaitée par l'entreprise.

#### ***b) Les activités externalisées***

A la question "Quelles prestations de maintenance assurez-vous ?" ou "quelles prestations des activités de maintenance externalisez-vous ?", nous constatons que la majeure partie des activités de maintenance sont externalisées. Toutefois, lorsque nous avons demandé si ces fonctions étaient gérées à 100 % par un prestataire, les réponses étaient négatives, excepté

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

pour les travaux de maintenance non stratégiques. Nous constatons que certaines prestations effectuées pour l'entreprise, telles que la maintenance préventive, sont assez coûteuses et seuls les grands groupes peuvent se permettre de les externaliser.

Comme nous l'avons mentionné, le principal avantage évoqué par les entreprises concerne la réduction des coûts. Or, lors de nos entretiens, l'avantage primordial retenu par les différents acteurs semble être le recentrage sur le cœur de métier et la flexibilité. Pour cette entreprise, l'externalisation apporte, théoriquement, une flexibilité que ne pourrait apporter une politique de maintenance complètement internalisée. En effet, les prestataires ont une capacité d'adaptation appréciable. Une telle souplesse est particulièrement indispensable pour le service production.

### ***c) Prestataires de maintenance***

Malgré tous les développements et les évolutions que connaissent les prestataires et les prestations, l'entreprise exprime son insatisfaction. Elle attend de ses prestataires :

- La garantie de qualité des prestations qui est indispensable ;
- La pérennité des coûts : les contrats avec les prestataires sont signés pour 3 ans avec reconduction implicite. Or, les prix sont revus tous les ans. Chaque année, ceci devrait assurer à l'entreprise une diminution des coûts, mais les prestataires, en augmentant leurs coûts, ne recherchent pas la meilleure collaboration ou/et partenariat.
- Plus d'information et une réelle anticipation en cas de problèmes.

Lorsque nous nous plaçons du côté client ou du côté prestataire, la perception est différente. Seule la notion de coût est commune. Ceci est inhérent du fait que le prix est le premier critère de sélection d'un prestataire.

### ***d) Evaluation des coûts des prestations***

Le manque d'efficacité de certains prestataires, ne permettait pas d'atteindre l'objectif visé. C'est souvent un inconvénient évoqué. Au-delà de la simple perte de contrôle de l'activité c'est la perte de visibilité de l'activité externalisée qui pose le plus de problème. Pour l'entreprise, c'est un véritable point noir, elle n'arrive pas à déterminer avec précision le coût de chaque prestation.

### ***e) Qualité des prestations***

La qualité des prestations est une autre récrimination évoquée par les clients. L'entreprise interviewée admettait que malgré la certification de certains de ses prestataires, les clauses des cahiers des charges n'étaient pas toujours respectées. En conséquence, il devait gérer des dysfonctionnements aussi variés que complexes. Aucun remplacement ne peut être, à ce jour, envisagé au vu de l'offre existante sur le marché. Sa seule solution consiste à faire évoluer ses prestataires en qualité. Elle nous a confié qu'elle avait pris la décision de ré-internaliser certaines activités de maintenance. Pour des problèmes de qualité de prestation, certaines

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

d'entre elles, sont réintégrées au sein du service maintenance de l'entreprise. Pour cette entreprise, seul un contrôle en temps réel permet d'atteindre un bon niveau de prestation.

### ***f) Perte de contrôle de l'activité***

La perte de maîtrise de l'activité est un autre inconvénient que l'entreprise a pu identifier. Cette crainte est justifiée par l'irréversibilité de l'externalisation de certaines activités de maintenance en termes des compétences nécessaires. Elle est dû essentiellement à la perte de savoir-faire.

### ***g) Conditions de rentabilité***

Ces conditions peuvent être résumées dans les actions suivantes :

- Définition du besoin : Tout suivi ou contrôle s'inscrit dans des procédures définies lors de l'établissement d'un contrat. La clé de ce succès, une relation établie sur l'engagement des deux parties, la définition précise des besoins et des attentes du client. Les contrats passés avec les clients devraient toujours être basés sur des cahiers des charges. Ils pourraient pourtant représenter un outil efficace pour comparer les offres correctement. Ils permettraient notamment de valoriser l'offre surtout en termes de conseils.
- Retour d'information en temps réel : Le donneur d'ordres de l'entreprise confirme que le retour d'information en temps réel permet le bon pilotage du service maintenance.
- Contrôle du prestataire : Une condition pour que l'externalisation soit profitable est le contrôle du prestataire. Pour cette entreprise, même si la relation entre les deux parties est constante, celui-ci lui permet de maintenir une certaine pression sur son prestataire. L'objectif est de garder un niveau de qualité constant. L'externalisation est obligatoire et nécessaire, il faut se donner les moyens d'atteindre ses objectifs.
- L'externalisation doit s'inscrire dans un plan de profit durable. Les partenaires doivent partager une expertise stratégique commune. En effet, c'est la synergie de chacun des éléments qui permet d'apporter la valeur ajoutée. Ainsi, le concept de partenariat peut être poussé jusqu'au partage des profits.

## **4. Conclusion**

Nous avons élaboré un processus récapitulatif, structuré en quatre étapes : phase pré-décisionnelle, phase décisionnelle, phase de mise en œuvre et phase post-externalisation. Ce processus développe une démarche globale d'externalisation de la maintenance, et peut être considéré comme un outil d'aide à la décision pour les entreprises souhaitant intégrer cette politique d'optimisation. Pour aboutir au résultat souhaité, nous avons appliqué une méthodologie de recherche analytique : l'élaboration d'un questionnaire nous a aidé d'une part, à mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de la démarche de mise en œuvre

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

d'externalisation et d'autre part à répondre aux objectifs fixés par les clients des services de maintenance. Les réponses collectées par le questionnaire et l'analyse effectuée, mettent en relief des pratiques riches d'externalisation de la maintenance. Cependant, cette externalisation reste limitée, et ne dépasse pas un taux de 50% d'externalisation pour la majorité des entreprises sondées. Alors que les donneurs d'ordre souhaitent progresser vers une externalisation complète afin d'optimiser les coûts de maintenance en profitant d'une meilleure qualité des prestations, dans un contexte partenarial.

Le processus d'externalisation spécifique au service de la maintenance industrielle, peut être exploité pour l'externalisation d'autres services de l'entreprise : (logistique, sécurité, comptabilité, ...), et pourrait être enrichi, selon le besoin.

## **Chapitre III : IMPACTS DE L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

---



# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous avons choisi de mettre en évidence les effets de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations. Dans les grandes entreprises à risques, certaines activités sont externalisées comme le nettoyage, la maintenance, le transport. Le choix des chantiers de maintenance plutôt que de d'autres types d'activités n'a pas été fait par hasard. Le recours à différentes formes de prestations pour réaliser certaines opérations de maintenance est susceptible de faire évoluer les manières d'opérer et de modifier la sensibilité aux risques de ces opérations.

L'impact de cette externalisation sur la sécurité des installations et des hommes est une problématique, d'où la volonté de mener une étude sur ce point.

Les entreprises souhaitent que soit menée une réflexion sur les conséquences de leur politique industrielle, en ce qui concerne l'externalisation de ses activités de maintenance. Celle-ci repose sur le développement de l'externalisation de la maintenance, ces décisions pouvant induire des effets en termes de sécurité et de sûreté qu'il s'agit de mesurer. Nous décrirons les particularités des activités de maintenance en privilégiant l'observation et l'analyse des interventions des prestataires de maintenance et les relations entre les agents du donneur d'ordre et ceux de l'entreprise prestataire. Notre volonté était d'accéder à différents types de chantiers qui font coexister des collectifs de travail variés.

Cette collaboration entre plusieurs agents d'entreprises et de structures différentes peut être source de malentendus, de conflits ou d'arrangements qui vont à l'encontre de la sécurité ou être au contraire source d'apprentissage, de coopération enrichissante et donc de sécurité et de sûreté renforcées. Les chantiers sont aussi un lieu privilégié de mobilisation de règles formelles, de procédures, de gammes d'interventions et de dispositifs techniques destinés à assurer la productivité des agents dans un cadre sécurisé. Nous pouvons alors appréhender les écarts ou les régularités entre ce qui est dit dans les discours, ce qui est écrit dans les procédures et ce qui est fait réellement sur le terrain.

De plus, la maintenance est une activité qui reste stratégique pour l'entreprise et d'autant plus lorsque celle-ci entretient des liens étroits avec la production et travaillent en harmonie. Le danger que représente la maintenance pour le bien et le personnel n'empêche pourtant pas qu'elle soit confiée à une entité externe. Le fait qu'elle soit souvent déléguée dans les entreprises peut se comprendre comme une tendance dans les stratégies industrielles dans la mesure où cette activité n'est pas toujours considérée comme constituante du «cœur de métier». Sans parler du coût économique qu'elle représente compte tenu des savoir-faire nécessaires, du nombre d'agents requis et des investissements matériels et logistiques qu'elle exige. Tous ces éléments poussent les entreprises à externaliser cette activité. En tant que domaine sans valeur ajoutée directe, la maintenance représente un coût important au regard de ce qu'elle apporte : produire en toute sûreté et sécurité.

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **2. La sécurité et l'externalisation de la maintenance**

### **2.1. Introduction**

Les activités de maintenance externalisées représentent une grande problématique dans l'ensemble des entreprises de tous les secteurs économiques plus que les activités de production. L'objectif premier de la production est de produire le plus possible et le plus longtemps possible afin de satisfaire les commandes des clients alors que l'objectif de la maintenance est de garantir la disponibilité maximale et la fiabilité irréprochable des installations de production, ce qui nécessite obligatoirement son arrêt pendant un temps donné pour y intervenir soit en maintenance corrective ou préventive.

Il est raisonnable de penser qu'une grande partie des actions de sécurité industrielle au travail a été orientée, avec succès, en direction du personnel de production compte tenu du nombre de travailleurs impliqués et des risques encourus. Cependant, peu de travaux ont été dédiés à la protection du personnel de maintenance lors de leurs interventions et plus précisément les prestataires de maintenance. Peu d'auteurs en sécurité du travail et en maintenance font le lien entre activités de maintenance externalisée et sécurité industrielle au travail. En effet, l'agent de maintenance interne connaît plus ou moins les consignes de sécurité à prendre pour éviter les risques liés à ses activités d'intervention alors que le prestataire de maintenance doit souvent rentrer dans les zones dangereuses pour y effectuer ses interventions, parfois sans les précautions nécessaires. Les résultats statistiques des accidents au travail, dont une analyse des accidents graves et mortels survenus au, montrent que la sécurité des intervenants de maintenance n'est pas totalement assurée actuellement.

La sécurité des interventions des prestataires de maintenance est fortement liée à trois facteurs. Premièrement, elle dépend de l'installation qui doit être entretenue et de la configuration de l'espace qui entoure cette installation. La conception des machines est donc une étape importante de cette problématique. La disposition des machines est tout autant car l'accessibilité, tant du personnel que des pièces de rechange, y est étroitement liée. Deuxièmement, l'intervenant de maintenance est aussi un des facteurs. Ce personnel externe doit être adéquatement formé, doit connaître suffisamment la machine en cause et doit être bien outillé. Finalement, il ne faut pas négliger l'organisation de l'entreprise cliente. Des interventions de maintenance préventive ou de maintenance prédictive (donc planifiées) sont rarement réalisées avec une pression temporelle forte alors que les interventions de maintenance correctives (non planifiées par définition) ont de fortes chances de l'être, surtout si la machine en cause est vitale pour la production.

Dans cette partie de notre étude nous allons faire le point sur l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité qui a pour objectifs de déterminer s'il existe des liens entre les activités de maintenance et la santé sécurité au travail, de recenser les écrits relatifs à la l'externalisation de la maintenance et la SST et de fournir des pistes de solution par le biais d'une étude analytique. Nous allons en premier détailler la méthodologie qui a été suivie, puis nous donnerons dans l'ordre les résultats de la recension études faites dans ce sens et les résultats obtenus.

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **2.2.Définitions**

Selon la norme AFNOR X-06-010, la sécurité est « *l'aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques* » [AFNOR, 2002].

L'objectif est d'évaluer et de prévoir l'occurrence des risques potentiels induits par l'existence même du système et qui conduiraient à un dommage.

Une autre définition de la sécurité est l'ensemble des « *mesures de prévention et de réaction mises en œuvres pour faire face à une situation d'exposition résultant de risques accidentels, qu'ils soient le fait de l'homme, de la machine ou de la nature* » [GEIBEN & NASSET, 1998].

L'anglais distingue « sécurité » « *security* », qui désigne plutôt une logistique d'accompagnement ou un moyen de protection et « sûreté » « *safety* », qui peut se traduire comme la qualité d'une situation à garantir l'intégrité de personnes et de biens.

## **2.3.Revue de la sécurité dans l'histoire**

L'histoire de la sécurité, avant de diverger vers les applications sur l'externalisation de la maintenance, s'est construite sur des bases qui appartiennent aujourd'hui à la sécurité industrielle.

### **2.3.1. La prescription comme outil de sécurité**

L'une des stratégies les plus systématiques pour améliorer la sécurité des systèmes complexes à hauts risques consiste à accroître la prévisibilité des comportements techniques et humains [JOURNE, 2001].

Cette « stratégie d'anticipation » vise à supprimer l'imprévu à travers la mise en place d'un système de règles et de procédures censé couvrir tous les cas possibles [WILDAVSKY, 1988].

Les règles de sécurité sont définies comme étant un état d'un système, ou sa réaction prédéfinie, en répondant à une situation prévue suite à des données d'entrée, établie avant que l'événement ne se produise. Ces règles de sécurité sont imposées et/ou acceptées par les opérateurs du système en tant que moyen d'améliorer la sécurité ou atteindre un niveau de sécurité requis.

### **2.3.2. Classification des règles de sécurité [HALE & SWUSTE, 1998]**

Hale et Swuste identifient trois classes de règles :

#### **a) Les règles qui définissent des buts à atteindre**

Ces règles n'imposent pas les moyens à mettre en œuvre, elles impliquent seulement des sanctions si le but n'est pas atteint.

Ces règles sont généralement émises au niveau national.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **b) Les règles qui définissent la façon dont les décisions doivent être prises**

Ces règles imposent le circuit décisionnel, les personnes qui doivent être impliquées et/ou les paramètres à prendre en compte.

Par exemple : les décisions concernant le processus doivent être prises conjointement par le chef du service procédés et production.

Ces règles sont généralement émises au niveau d'un site ou d'un établissement.

### **c) Les règles qui définissent concrètement les actions à mener où l'état du système requis**

Ces règles définissent précisément les actions à mener (où les comportements proscrits) et l'ordre dans lequel elles doivent être effectuées.

Ces règles sont généralement émises au niveau individuel ou des équipes de travail.

Ainsi, plus nous nous retrouvons à un niveau micro (individuel ou équipe de travail), plus les degrés de liberté d'action s'amenuisent. Plus nous nous trouvons à un niveau hiérarchique bas, plus les règles de sécurité et les instructions pour exécuter le travail sont précises.

#### **2.3.3. Vérification de la conformité aux règles**

La définition de règles de sécurité implique que les acteurs du système dans lequel elles sont en vigueur doivent les respecter. Les prescripteurs mettent alors en place des mesures pour vérifier la conformité à ces règles.

Tout comme les classes de règles, il y a trois niveaux de vérification de la conformité : le niveau national, des sites et le niveau individuel ou équipe. Nous nous intéressons aux deux derniers.

#### **a) Au niveau d'un site industriel**

Au niveau d'un site industriel, la conformité aux règles se mesure grâce à des indicateurs. Par exemple, le nombre d'accidents de travail, ou encore le nombre de départ de feu. Généralement en phase avec le Système de Management de la Sécurité, le site industriel identifie les indicateurs importants de la sécurité, définit leur mode de mesure et les objectifs à atteindre.

Si les objectifs ne sont pas atteints où si le circuit décisionnel n'est pas suivi (personnes impliquées et paramètres à prendre en compte), le site met alors en place un plan d'action pour y remédier.

#### **b) Au niveau individuel**

Au niveau individuel, les règles de sécurité définissent précisément les actions à mener et le comportement à avoir. Il est alors facile de vérifier la conformité, il suffit d'observer le comportement des personnes.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Si le comportement des personnes n'est pas conforme aux prescriptions, différentes actions peuvent être menées : sanction, formation, sensibilisation etc., pour amener les personnes vers un comportement considéré plus sûr.

### **2.3.4. Application de la prescription dans la maintenance des installations industrielles**

Dans les domaines industriels à risques, l'amélioration de la sécurité se fonde le plus souvent sur deux principes de base :

- Anticiper toutes les situations possibles, afin de définir en détail toutes les tâches, et toutes les bonnes pratiques au travers de règles et de prescriptions ;
- Recruter en sélectionnant les bons profils et former les opérateurs à appliquer les règles et les procédures.

Les organisations à risques technologiques majeurs se prémunissent des dangers auxquels elles sont exposées en réglementant le travail puis en vérifiant la bonne application de ces règles par un contrôle de la conformité des activités [MAGNE & VASSEUR, 2006].

Lors d'une intervention de maintenance, il est demandé aux intervenants de suivre à la lettre le mode opératoire et les procédures pour réduire à priori tout risque.

### **2.3.5. Limites des modèles de sécurité prescriptifs**

Plusieurs limites de ces modèles prescriptifs sont relayées par la littérature.

#### **a) L'opérateur de première ligne, première source d'accidents**

Un biais de ces modèles prescriptifs est qu'ils considèrent les intervenants directs sur les installations industrielles comme principale cause des accidents. La complexité globale et les facteurs organisationnels disparaissent lors des analyses des accidents.

Tout écart à un suivi scrupuleux d'une procédure est considéré comme source d'accidents, ce biais est d'autant plus important lors de la reconstruction d'un accident après coup [DEKKER, 2004 ; AMALBERTI, 1996].

McDonald & al. [2002] trouvent que le rôle joué par un écart à une procédure peut être surestimé lors d'un accident. Alors qu'il est facile d'incriminer un écart lors d'un accident, certains ne causent pas d'accidents.

#### **b) Des règles prescrites par des experts**

Dans les modèles prescriptifs, les règles sont généralement produites par les experts du domaine de la maintenance industrielle.

L'approche prédominante pour optimiser le système et éviter toute erreur ou dysfonctionnement est de décomposer le système en sous-partie puis de chercher à optimiser chaque sous-partie.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Des experts ou des responsables de chaque sous-partie sont alors en charge de définir les procédures qui optimiseront chaque sous-partie mais trop souvent de manière ségréguée [DEKKER, 2004 ; LEROY & SIGNORET, 1992].

Une autre limite au modèle prescriptif est qu'il implique encore souvent une séparation stricte entre les prescripteurs et les exécutants ; ce qui peut mener à la production de règles qui reflètent imparfaitement les besoins et la réalité vécue par les acteurs de terrain. Cette séparation explique en partie l'écart entre le travail prescrit défini par les règles et le travail réel.

### **c) L'homme acteur de la fiabilité et récupérateur d'erreurs**

Une limite à ces modèles est qu'ils sous-entendent une vision de l'homme comme composante essentiellement faillible du système, ou l'ergonomie souligne que l'homme est également un agent de fiabilité.

Faverge [1970] met en évidence que l'homme est le seul élément du système qui adapte son comportement aux variations éventuelles de la situation de travail.

Plusieurs travaux montrent que l'homme récupère les erreurs et les ratés [AMALBERTI, 1996 ; FAVERGE, 1980]. « *Le diagnostic et la récupération des dysfonctionnements, le travail en mode perturbé, sont des occasions où il est bien difficile de se priver des compétences humaines* » [POYET, 1990].

### **d) L'application stricte des procédures peut engendrer des risques**

Enfin, une dernière limite est que ces modèles prescrivent un suivi scrupuleux de toutes les règles.

Les ergonomes ont montré grâce à de nombreuses études que l'homme ne se contente pas d'appliquer strictement les procédures ; son activité ne peut être réduite à celle d'un simple exécutant auquel on décrit les tâches à réaliser [BOURRIER, 1999].

La règle n'est qu'un des éléments caractérisant le travail, la grande variabilité des situations à gérer induit une adaptation permanente en temps réel.

Aussi détaillées que puissent être les prescriptions, leur stricte application pose problème [REYNAUD, 1989] pour plusieurs raisons :

- Toutes les situations susceptibles d'être rencontrées par les acteurs ne peuvent être prévues au regard du principe de la rationalité limitée.
- Une partie de la réalité à laquelle ils sont confrontés sort du champ d'application de la prescription. La prescription peut être inadéquate ou incohérente au regard des conditions d'interventions [DE KEYSER, 1982 ; LEPLAT & DE TERSSAC, 1990].
- « La procédure est infirme face à l'urgence » [DE CONINCK, 1995], la prescription est structurellement incomplète et la prescription ne tient pas compte de la variabilité des individus et des processus, des installations et des situations.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Les prescriptions se réfèrent souvent à une situation idéale ou nominale, toutes choses étant égales par ailleurs [BOURRIER, 1999].

L'application stricte des prescriptions paraît donc impossible. Les règles impliquent une action de l'homme et son adaptation aux conditions spécifiques de l'intervention.

Avoir recours à l'action et à l'adaptation de l'homme peut avoir des effets négatifs et positifs indissociablement liés.

### ***2.4.Liens entre maintenance externalisée et sécurité***

Maintenance et sécurité entretiennent une relation complexe. La maintenance contribue à la maîtrise des risques d'une installation en améliorant la fiabilité et la sécurité des équipements de production ; les activités de maintenance sont toutefois dangereuses et peuvent porter atteinte à la santé et la sécurité des employés.

Les travaux de maintenance citées précédemment peuvent engendrer des risques pour la santé sécurité des intervenants, ceci est d'autant plus vrai dans les industries présentant un haut niveau de risques. Une gestion stricte de ces travaux est de rigueur.

Une préparation minutieuse des interventions de maintenance dans les installations industrielles est importante car les matériels et produits à manipuler peuvent être dangereux.

Et les personnes chargées du contrôle et de la supervision de l'exécution des travaux de maintenance doivent connaître toute l'ingénierie, les processus et les aspects environnementaux qui rentrent en compte lors de ce type d'opérations. Ils doivent également connaître la réglementation applicable et les techniques et bonnes pratiques qui sont à utiliser afin de s'assurer que le travail est réalisé en sécurité [TOWSEND, 1992].

#### ***2.4.1. Le système des autorisations ou bons de travail pour un lieu de travail sûr***

Si un travail comporte des risques ou se situe dans une zone dangereuse, un système d'Autorisation de Travail doit être mis en place.

Le système mis en place doit assurer que les personnes qui réalisent les travaux de maintenance soit de la part de l'entreprise client ou du prestataire, et les personnes qui peuvent y être associées ne sont pas exposées à des dangers et que le travail ne met pas en danger d'autres personnes. Enfin, le système doit être en conformité avec les standards techniques et les guides de bonnes pratiques et pratiques sûres.

Un Bon de Travail est requis pour un travail :

- Dans les espaces confinés ;
- Dans les lieux où un redémarrage accidentel ou non autorisé de l'installation ou de l'équipement peut mettre en danger des personnes ;
- Dans les convoyeurs, les ascenseurs, élévateurs et grues ;
- Dans les lieux où des substances toxiques, inflammables ou corrosives sont présentes ou susceptibles de l'être ;

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Dans les lieux où il peut y avoir un manque ou un enrichissement d'oxygène ;
- Dans les lieux où équipements qui ont contenu des substances chimiques ;
- Dans toutes les circonstances atypiques qui ne sont pas couvertes par les précautions et instructions de routine [TOWSEND, 1992].

En pratique, quasiment toutes les opérations de maintenance dans les structures industrielles requièrent un Bon de Travail.

Les principes suivants sont les bases d'un système d'Autorisation de Travail :

- L'isolation des équipements doit être faite et être sécurisée.
- Les risques résiduels doivent être traités.
- Chaque équipement ainsi que sa localisation doivent être clairement identifiés.
- Les opérateurs du prestataire de maintenance doivent être correctement formés et entraînés à propos des particularités des zones d'interventions et des prescriptifs.
- Aucun changement non autorisé du travail planifié ne doit être permis sans faire appel à un nouveau Bon de travail.
- L'équipe de maintenance et l'équipe d'exploitation doivent être impliquées dans l'Autorisation de Travail.

La maintenance assurée par des intervenants externes peut être à l'origine de risques pour d'autres opérateurs; que ce soit lors d'interventions de maintenance ou pendant les phases de redémarrage ou d'exploitation normale.

### *2.4.2. Des chiffres sur les accidents lors des activités de maintenance externalisée*

Les conséquences de l'externalisation de la maintenance en termes de sécurité sont elles-mêmes difficiles à estimer. L'absence de données statistiques officielles nationales sur les accidents des salariés des entreprises sous-traitantes s'expliquent par le fait que les statistiques relatives aux accidents de travail sont basées sur les branches professionnelles et non sur les modes de travail ou les formes d'organisation du travail.

A notre connaissance, il n'existe au Maroc aucune statistique nationale officielle sur l'accidentologie ni sur les atteintes à la santé des salariés des entreprises prestataires de la maintenance œuvrant sur sites industriels, ni de données systématiques concernant les conditions et contraintes d'organisation du travail entre les employés des donneurs d'ordres et ceux des prestataires.

Mais en France, les seuls chiffres trouvés sur les questions de sécurité et externalisation de la maintenance sont donnés par l'AFIM qui dévoile que « *le taux de fréquence des accidents se révèle plus de 10 fois plus élevé pour le personnel des prestataires que pour le personnel de maintenance organique* » [AFIM, 2007], sans toutefois fournir une analyse détaillée de ces résultats.

Ces données sont toutefois à utiliser avec précaution car les conditions de travail des prestataires de maintenance de ces deux populations ne sont pas les mêmes.



## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

### 2.4.3. Présentation de l'étude effectuée

Donc, notre recherche pour nous est une opportunité de faire une étude de terrain sur une vingtaine d'entreprises marocaines ayant faites appel à l'externalisation de leurs activités de maintenance. Malgré les difficultés rencontrées lors des entretiens avec les responsables au sein de ces entreprises à cause de la criticité du sujet traité, mais elle reste une réelle chance pour capturer la complexité du travail de maintenance.

Nous avons eu l'opportunité de d'observer les interventions du personnel interne que ce soit les techniciens de maintenance, les opérateurs d'exploitation ou les préventeurs sécurité, ainsi que plusieurs entreprises prestataires de maintenance.

La plupart des entreprises investiguée, ont souffert des situations inconfortables avec de mauvais résultats sécurité en particulier pour le personnel extérieur.

Il faut souligner que ce type d'initiative reste très rare, les entreprises donneuses d'ordres souhaitant traiter en interne cette problématique très sensible et éviter toute publicité sur cette question.

- Choix du terrain d'étude

Le choix des chantiers de maintenance qui servent de terrains d'études a été déterminé par plusieurs caractéristiques.

Notre premier objectif était de pouvoir observer des chantiers qui faisaient coexister des intervenants appartenant à des entreprises différentes. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés à plusieurs types d'entreprises comme présenté sur le tableau suivant.

**Tableau III. 1:** Caractéristiques de l'échantillon.

| Entreprise    | Taille               | Domaine d'activité      | Nombre de prestataires | Ancienneté de l'externalisation |
|---------------|----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Entreprise 1  | 51-100 employés      | Appareillage électrique | 3                      | 1 an                            |
| Entreprise 2  | 1-50 employés        | Agroalimentaire         | 1                      | 2 ans                           |
| Entreprise 3  | 101-200 employés     | Métallurgie             | 2                      | 3 ans                           |
| Entreprise 4  | 201-500 employés     | Mécanique               | 3                      | 2 ans                           |
| Entreprise 5  | Plus de 500 employés | Pétrochimie             | 5                      | 10 ans                          |
| Entreprise 6  | 101-200 employés     | Industrie automobile    | 3                      | 2 ans                           |
| Entreprise 7  | 51-100 employés      | Logistique              | 1                      | 2 ans                           |
| Entreprise 8  | 101-200 employés     | Industrie Chimique      | 3                      | 3 ans                           |
| Entreprise 9  | 51-100 employés      | Distribution du gaz     | 1                      | 1 an                            |
| Entreprise 10 | 101-200 employés     | Logistique              | 2                      | 1 an                            |
| Entreprise 11 | 201-500 employés     | Métallurgie             | 4                      | 4 ans                           |
| Entreprise 12 | Plus de 500 employés | Pharmaceutique          | 2                      | 4 ans                           |
| Entreprise 13 | 201-500 employés     | Aéronautique            | 3                      | 2 ans                           |

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

|               |                      |                      |   |        |
|---------------|----------------------|----------------------|---|--------|
| Entreprise 14 | Plus de 500 employés | Cimenterie           | 4 | 8 ans  |
| Entreprise 15 | 101-200 employés     | Industrie Chimique   | 3 | 4 ans  |
| Entreprise 16 | 201-500 employés     | Industrie automobile | 5 | 9 ans  |
| Entreprise 17 | 51-100 employés      | Mécanique            | 2 | 3 ans  |
| Entreprise 18 | Plus de 500 employés | Industrie Chimique   | 6 | 12 ans |
| Entreprise 19 | 201-500 employés     | Agroalimentaire      | 3 | 5 ans  |
| Entreprise 20 | 201-500 employés     | Agroalimentaire      | 1 | 5 ans  |

Les chantiers de maintenance de ses entreprises nous permettent d'observer plusieurs types de relations de entre les entreprises clientes et les prestataires de maintenance. Nous les avons sélectionnés en fonction de la taille, du domaine d'activité, du nombre de prestataires présents en entreprises et la durée de présence des prestataires dans notre entreprise échantillon du type de chantier.

Nous précisons que 80% des entreprises étudiés sont installées dans la zone industrielle casablancaise.

La taille et le domaine d'activité sont devenus des critères pertinents dans le sens où selon ces deux caractéristiques ce ne seront pas les mêmes entreprises et entités qui interviennent. Plus un chantier est de taille importante, plus il nécessite des ressources humaines et techniques (Moyens logistiques) fortes qui ne sont détenues que par quelques prestataires de maintenance. A l'inverse les chantiers portant sur un de petits travaux de maintenance ou ne nécessitant que peu de ressource (humaine et technique) peuvent être faits en interne.

- *Typologie des entreprises extérieures*

Jusqu'à présent nous avons considéré que les entreprises extérieures formaient un ensemble homogène. Or, ces entreprises bien que partageant une même sphère d'activité : la prestation de maintenance ; ont des métiers différents, des organisations différentes, des relations spécifiques avec le donneur d'ordres, une prise en compte spécifique de la sécurité, etc.

Dans cette section nous allons essayer de mieux caractériser ses entreprises extérieures et présenter une typologie de celles-ci.

Cette typologie a également pour objectif de cibler les entreprises avec lesquelles nous mènerons une étude plus approfondie. Nous choisirons par la suite les entreprises qui au vu des facteurs que nous souhaitons étudier sont représentatives de l'éventail des pratiques en matière de maintenance externalisée.

Dans un premier temps, nous avons sélectionné cinq entreprises représentatives des métiers de la maintenance courante :

- 1) ***entreprise de mécanique*** : travaux de maintenance préventive et curative sur les machines tournantes (pompes, turbines compresseurs...) ;
- 2) ***entreprises d'entretien général*** : travaux de maintenance préventive et curative de tuyauterie, de chaudronnerie etc. ;

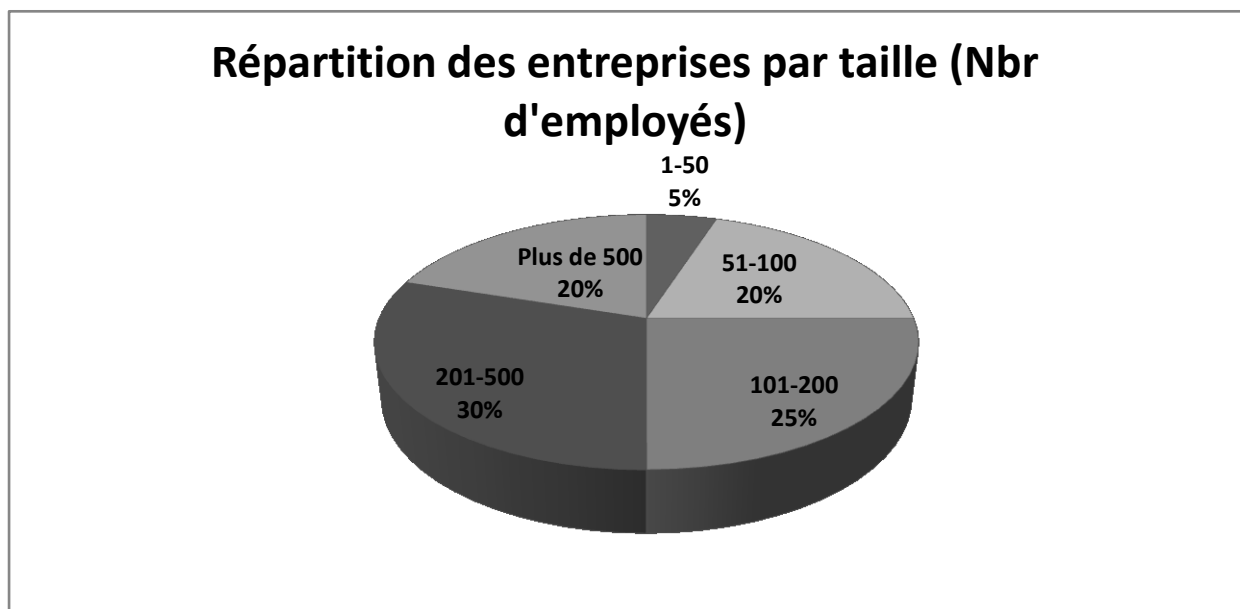
## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

- 3) *entreprises d'électricité-automatismes* : maintenance préventive et curative des matériels d'automatismes et installations électriques ;
- 4) *entreprises de nettoyage-pompage* : travaux de nettoyage, pompage, curage etc. ;
- 5) *entreprises d'échafaudage-calorifuge* : montage et démontage d'échafaudage, dépose et repose de calorifuge ;

- Composition de l'échantillon

En cette première partie de l'analyse de l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité, nous vous présentons la composition de notre échantillon des entreprises externalisatrices qui feront l'objet de notre étude.

Sur le graphe de la figure III.1, nous montrons que la décision d'externalisation des activités de maintenance n'exclut aucune entreprise quelle que soit sa taille. Mais, chaque entreprise a des objectifs derrière la prise de cette décision.



**Figure III. 1: Répartition des entreprises par taille (Nombre d'employés).**

Alors que la figure III.2, met en évidence l'historique de l'externalisation de la maintenance et son ancienneté, car nous observons dans notre échantillon qu'au moins 5% des entreprises interrogées ont commencé à externaliser partiellement leurs activités de maintenance depuis 12 ans. Ce type d'entreprise sera une richesse pour notre travail, car nous pouvant réutiliser leurs retours d'expériences pour l'amélioration de la stratégie d'externalisation.

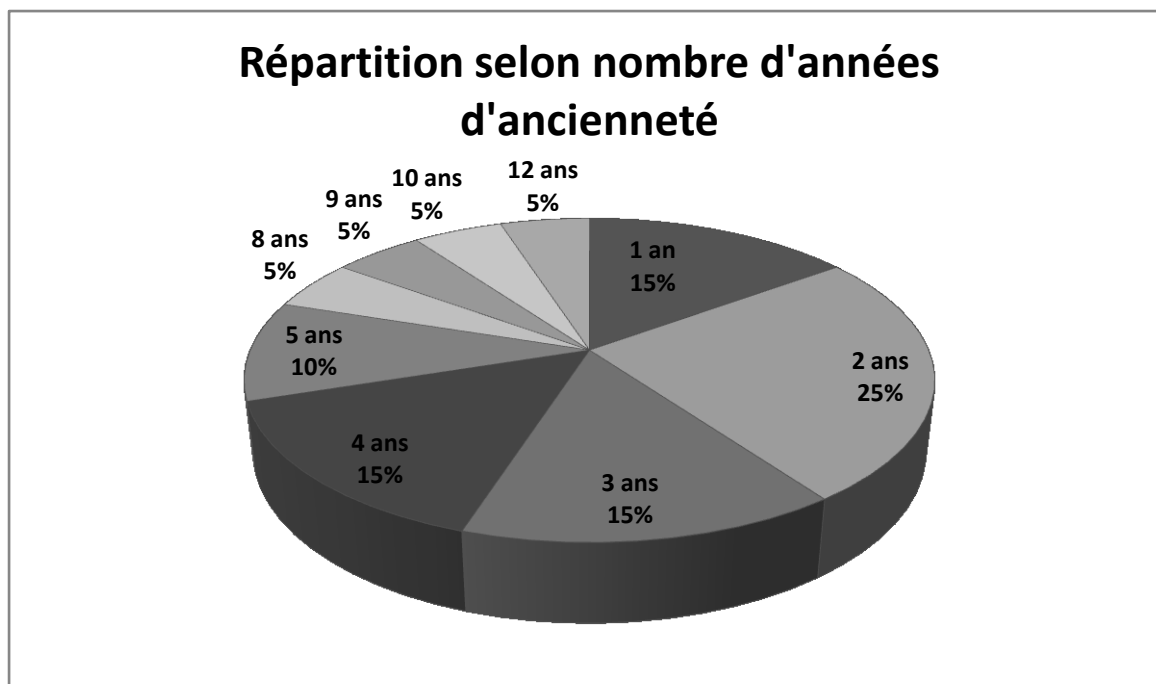


Figure III. 2: Répartition selon nombre d'années d'ancienneté.

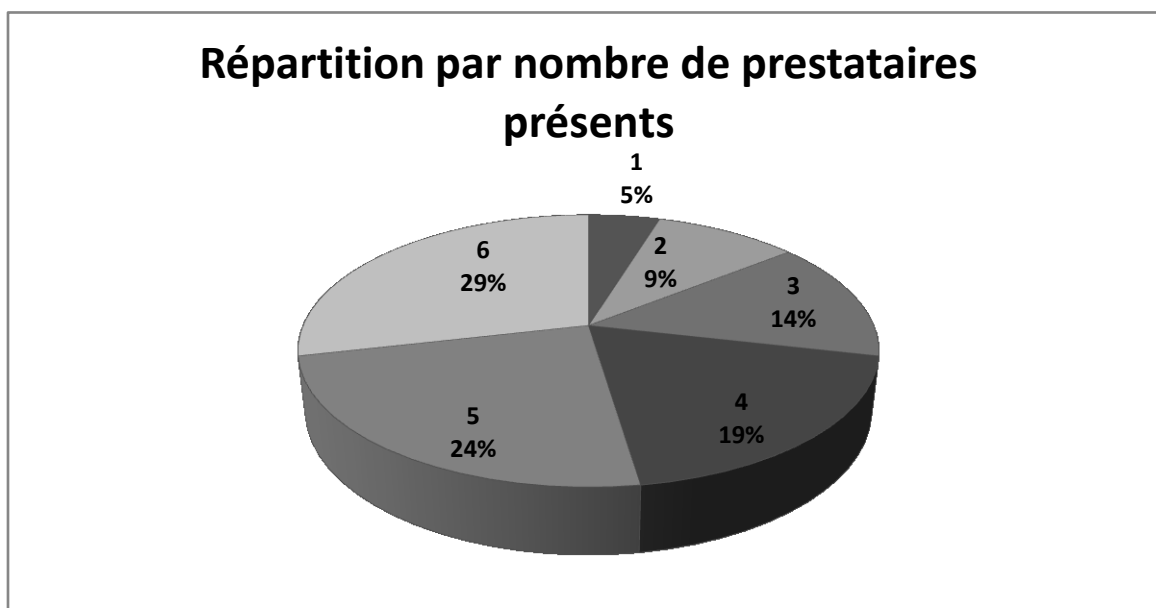


Figure III. 3: Répartition de l'échantillon par le nombre de prestataires présents dans leurs chantiers.

#### 2.4.4. Structure de l'enquête

Dans notre étude nous essaierons de répondre à plusieurs questions de fond.

Il est certain que selon le taux d'externalisation des interventions effectuées, les risques des accidents ne sont pas les mêmes, cependant dans notre cas nous allons nous intéresser aux principaux types d'interventions qui entrent dans les missions des agents de maintenance des installations de production, et notre ambition est d'aller plus loin que ces risques métiers.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

De même, nous voulons aller plus loin dans l'évaluation de la sécurité des prestataires et éviter de nous focaliser uniquement sur les indicateurs rétrospectifs de la sécurité au travail que sont le taux de fréquence et le taux de gravité.

La politique mise en place dans l'installation pour baisser le taux de fréquence des accidents de travail des prestataires sera notre point de départ.

Toutes les entreprises interviewées à une date ont décidé de réorganiser ses relations avec ses entreprises prestataires et mis en place une « politique zéro accident » afin d'éviter tout accident ou incident lors des travaux externalisés.

Nous allons analyser la stratégie d'externalisation des travaux de maintenance sur ces chantiers, décortiquer la « politique zéro accident » mise en place et voir les résultats de cette politique sur le nombre d'accident des prestataires.

Afin de ne pas se limiter à un seul indicateur et avoir une vision plus globale des impacts de cette politique, nous ferons une analyse sociotechnique du système dans lequel ces travaux de maintenance ont lieu. Cette analyse nous permettra de caractériser le rôle et les contraintes de toutes les parties prenantes impliquées dans l'externalisation des travaux de maintenance et d'étudier l'ensemble des impacts de la « politique zéro accidents » sur les acteurs du système qu'ils soient internes ou externes.

### ***2.5.Impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité***

#### ***2.5.1. Présentation des entreprises externalisatrices***

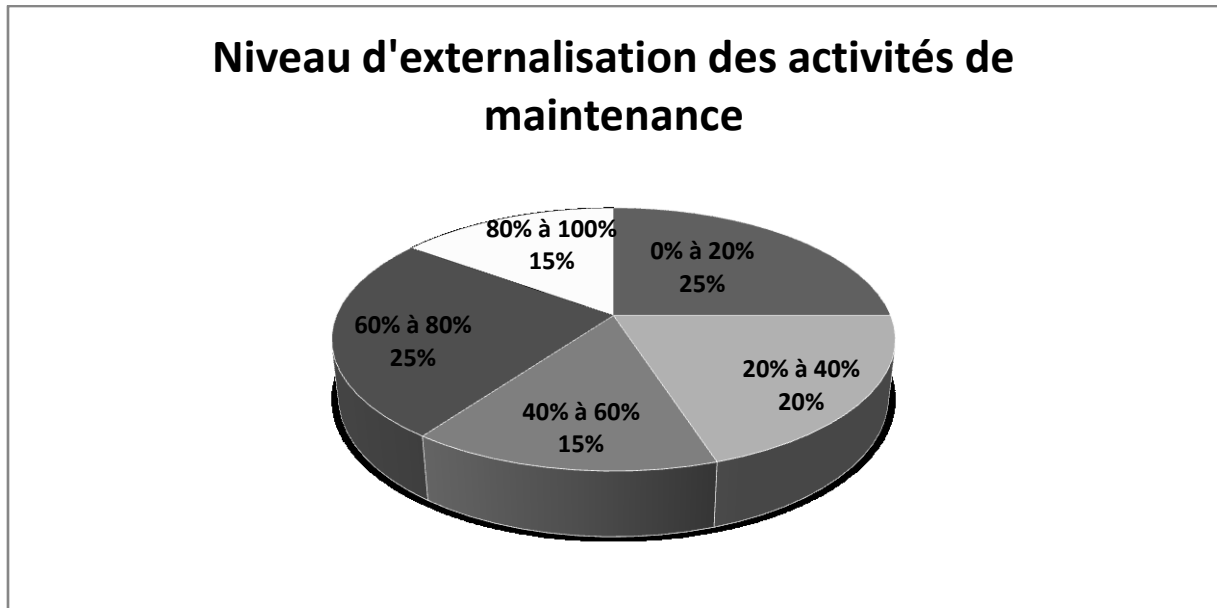
L'objectif premier de cette partie est la nécessité de se dégager des entités et des types de chantier singulier pour une analyse en surplomb en termes de formes de relation.

Les principaux facteurs qui nous ont semblé déterminants et qui nous ont permis de construire cette typologie sont relatifs au degré d'externalisation des activités et de la sécurité, de technicité ou mécanisation.

#### **a) Le degré d'externalisation des activités et de la sécurité.**

Les vingt entreprises étudiées ont recours à des prestataires de maintenance sous des formes variées qui va de l'externalisation entière d'une activité à une partie de celle-ci. Dans ce second cas, le donneur d'ordre conserve en général la préparation, l'organisation et la gestion de la sécurité sur le chantier et son retour d'expérience. Il existe donc différents degrés d'externalisation d'activité qui vont dépendre de la stratégie industrielle mise en place par le donneur d'ordre.

Cette première caractéristique nous a permis de prendre en compte les activités internes et celle externes de l'entreprise. En effet, l'externalisation externe et l'externalisation représentent deux formes de relations qui font se côtoyer le donneur d'ordre et des entreprise extérieures.



**Figure III. 4: Répartition des entreprises par niveau d'externalisation de la maintenance.**

A travers notre étude, nous avons découvert une nouvelle forme d'externalisations. Il s'agit de l'externalisation de la maintenance intégrée qui est une forme de délégation de tâche mais qui reste en interne au donneur d'ordre. Dans le cas de cette forme d'externalisation intégrée ou la sous-traitance externe, la gestion de la sécurité est exclusivement mise en place et contrôlée par le donneur d'ordre.

Cette délégation concerne à la fois la gestion, l'exécution mais également l'ensemble des dispositifs de sécurité qui sont mis en place sur le chantier des interventions de tous les types de maintenance. Le rôle du donneur d'ordre est principalement axé sur la validité de certaines études techniques réalisées par le prestataire ou encore la mise en place d'un contrôle restreint. L'objectif recherché par une entreprise en ayant recours à cette politique plutôt que l'externalisation classique est de limiter au maximum les relations d'interface considérées comme coûteuses en termes de temps. Une remise d'ouvrage est effectuée par le donneur d'ordre au sous-traitant en début de travaux et sa reprise une fois les travaux terminés. Or, l'externalisation d'activité permet de s'interroger sur – les incidences et les conséquences d'un transfert de la sécurité du donneur d'ordre au prestataire – la moindre présence des agents du donneur d'ordre sur les chantiers ce qui induit une baisse de la surveillance et de la coopération avec les entreprises extérieures.

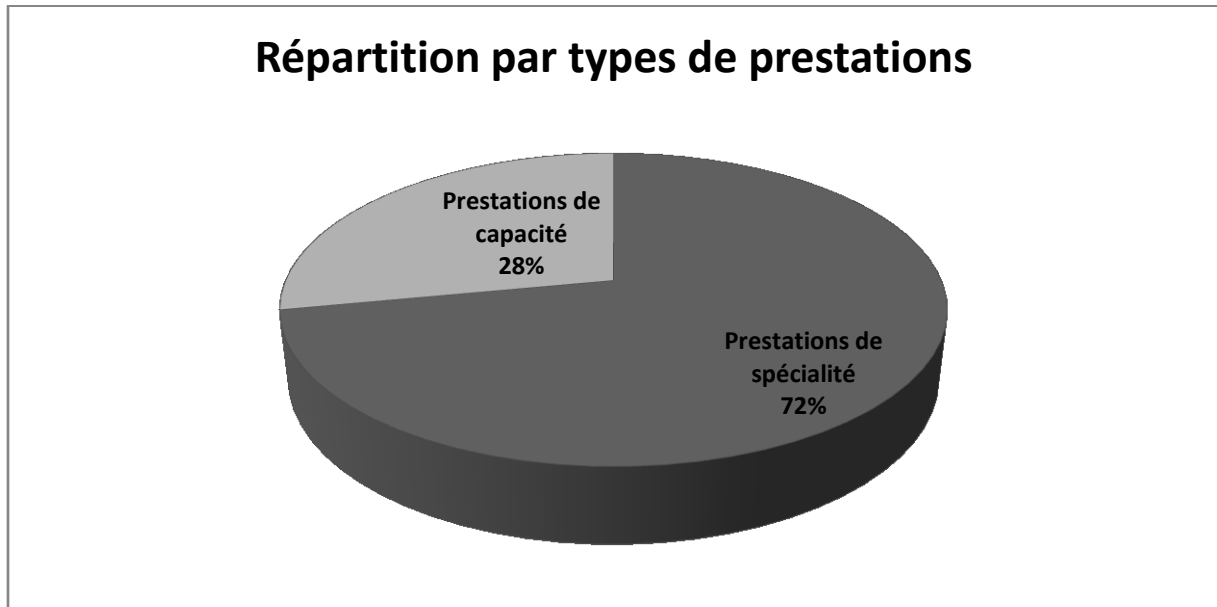
Comme nous l'avons dit précédemment, 100% des entreprises concernées par notre étude conservent la sécurité et la gestion des travaux. Les interventions de maintenance sur les installations des entreprises clientes ne peuvent pas être effectuées sans autorisation et présence des agents de maintenance ou de sécurité internes.

#### **b) Le degré de technicité et de mécanisation**

Nécessaire pour effectuer une intervention sur un chantier de maintenance. Certaines opérations de renouvellement, par exemple, n'ont jamais été effectuées en interne dans la totalité des entreprises. Ces entreprises ne disposent pas des engins qui permettent une

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

productivité importante, ou le personnel nécessaire voire les compétences ne sont pas disponibles en interne. Nous avons pris en compte le type de travaux demandé aux prestataires en distinguant les prestations de spécialité de la sous-traitance de capacité. En effet, dans le cas des prestations de capacité, la tâche en général est simple et ne demande pas de connaissances expertes. Dans le cadre des prestations de spécialité, la situation est plus complexe dans le sens où les savoir-faire sont importants et spécifiques.



**Figure III. 5: Répartition des entreprises externalisatrices selon le type de prestations.**

Dans les innovants, les prestations de spécialité demande un recours à des prestataires habilités, ayant eu une formation importante relative au domaine spécifique de ces secteurs et des entreprises agréés.

Grâce à ces principales distinctions, nous sommes arrivés à modéliser des relations d'externalisation (selon deux critères qui sont le niveau de spécialité et celui d'externalisation) qui selon nous ont chacune des effets différents sur la sûreté et la sécurité.

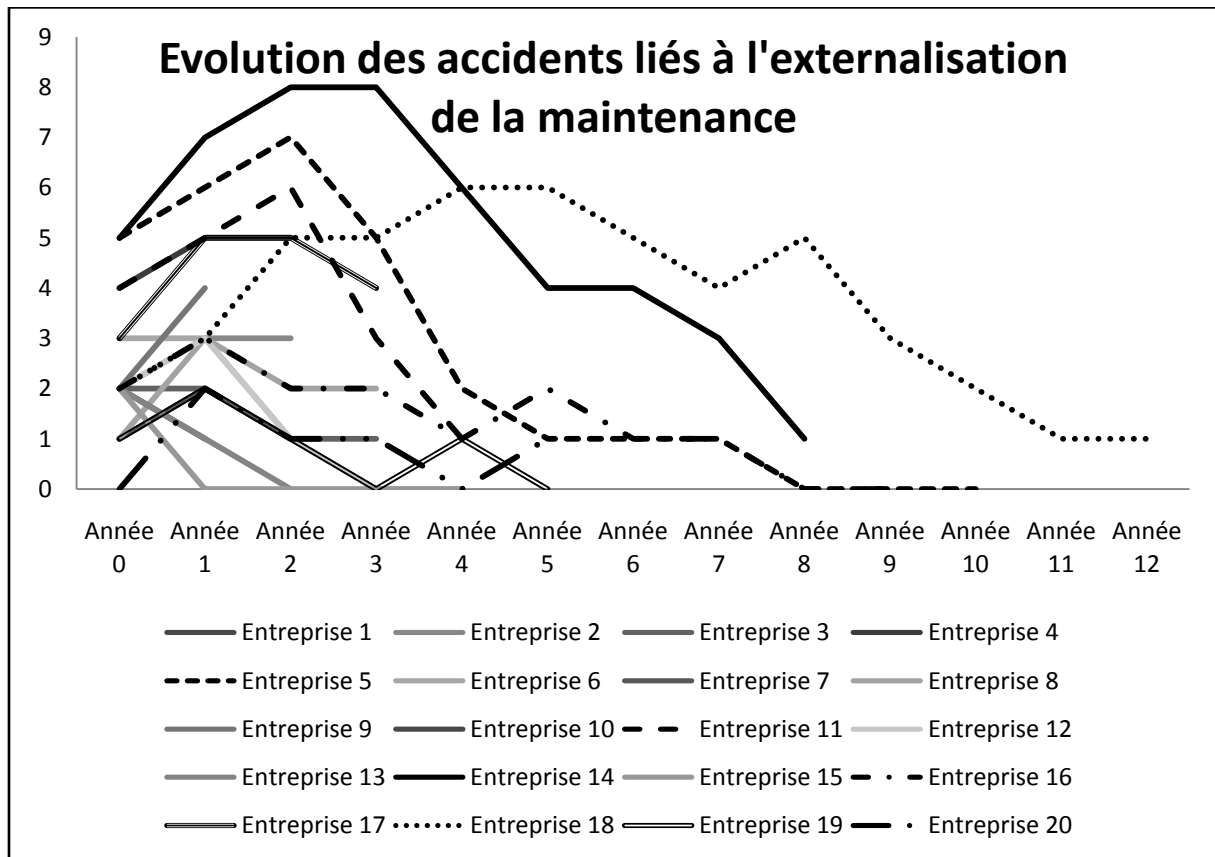
### *2.5.2. Evolution des incidents liés à l'externalisation de la maintenance*

A cette phase, nous allons analyser l'impact de l'adoption de la stratégie d'externalisation des travaux de maintenance sur la sécurité à travers le nombre d'incidents survenus par an, décortiquer les orientations de ces entreprises et leurs plans pour faire face aux éventuels accidents aux chantiers industriels.

Afin de ne pas se limiter à un seul indicateur et avoir une vision plus globale des impacts de cette politique, nous ferons une analyse stratégique du système industriel dans lequel ces travaux de maintenance ont lieu. Cette analyse nous permettra de caractériser le rôle et les contraintes de toutes les parties prenantes impliquées dans l'externalisation des travaux de maintenance et d'étudier l'ensemble des impacts de la « politique zéro accidents » sur les

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

acteurs du système qu'ils soient internes ou externes, et les résultats de cette analyse feront l'objet de notre modèle développé dans le chapitre suivant.



**Figure III. 6: Les courbes d'évolution du nombre d'incidents liés à l'externalisation de la maintenance.**

- Synthèse

D'après les courbes de la figure ci-dessous, nous constatons que **75%** des entreprises ayant externalisé leurs activités de maintenance ont connu une augmentation du nombre d'incidents à la première année d'externalisation, **10%** ont gardé la même allure des incidents entre l'année de référence avant l'externalisation et la première année après l'externalisation et les **15%** ont eu moins d'incidents dès leur première année d'externalisation.

Et parmi les **75%** des entreprises qui avaient une augmentation du nombre d'incidents lors des prestations de maintenance, la **totalité** ont commencé à avoir dans les années qui suivent une réduction de ce nombre d'incidents.

Nous constatons aussi que les restructurations mises en place par les directions techniques des entreprises ayant plus de 4 ans d'ancienneté dans l'externalisation de la maintenance, pour améliorer la productivité de la maintenance reviennent à augmenter les capacités en termes de ressources humaines et matérielles de certains services au détriment d'autres entités. Ces changements bien qu'ils soient présentés comme un simple transfert d'effectifs, s'accompagnent en réalité, d'une redistribution des rôles et des fonctions des agents au sein des entreprises externalisatrices.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Dans la répartition du travail, les entreprises externalisatrices restent Maîtres d'ouvrage du chantier de maintenance. Malgré la baisse de leurs effectifs, ce sont leurs agents qui décident des travaux à effectuer, de l'endroit et de la période d'intervention. C'est dans ces établissements que sont prises en charge la mise en place de la sécurité et les relations avec l'exploitation pour un arrêt de production pendant la phase de travaux. Dans cette division du travail, les prestataires sont les maîtres d'œuvre ; son rôle, aujourd'hui, est d'organiser et de réaliser les prestations contractualisées par avance.

Par conséquent, le coordonnateur sécurité a pour mission, pendant la réalisation de l'intervention, de vérifier la formalisation des informations à transmettre à l'accueil des agents de maintenance et en particulier des prestataires. Cependant si le contrôle est formel et porte exclusivement sur les documents écrits remis par le donneur d'ordre, il n'y a pas de vérifications de la transmission effective de l'information aux agents concernés. Depuis environ cinq ans, les entreprises extérieures ont l'obligation de rendre compte à leurs agents de maintenance respectifs des mesures de sécurité, de tout ce qui a trait à la sécurité. Ils doivent aussi signer un document certifiant qu'ils ont bien fourni cette explication. Il n'y a toutefois pas de contrôle sur l'information qui a été transmise ou sur la compréhension des risques sur les chantiers de maintenance par les agents des entreprises intervenantes. Chacun a la responsabilité de son personnel.

Notre étude a montré qu'à travers plusieurs situations de travail rencontrées sur les chantiers de renouvellement concernant la relation de sous-traitance externe de spécialité, la négociation entre les différents collectifs ne porte pas sur les règles ou les procédures de sécurité, ni sur la réglementation sur une gamme d'intervention qui sont bien formalisées et contraignantes.

Elle porte davantage sur les impacts économiques et financiers de leur prise en charge et s'appuie sur ces règles non pas en vue de leur modification ou de leur révision mais plutôt pour s'en servir à son avantage en fonction de la situation. Nous sommes dans une relation de donnant/donnant et surtout dans un contexte de négociation qui se distingue du simple compromis par rapport à ce qui s'échange.

### **3. La sûreté de fonctionnement**

#### ***3.1.Introduction***

Le responsable du service maintenance, s'il veut pouvoir assumer sa fonction dans les meilleures conditions, doit avoir à sa disposition un certain nombre d'outils lui permettant tant d'appréhender le fonctionnement de son activité au quotidien que d'anticiper et de se projeter dans l'avenir. L'ensemble de ces indicateurs peut être regroupé de manière synthétique dans un tableau de bord.

En outre, le pilotage de la maintenance ne nécessite pas nécessairement l'utilisation de systèmes d'information sophistiqués (même s'ils peuvent parfois constituer une aide précieuse), mais se caractérise avant tout par le suivi en routine d'indicateurs simples, peu coûteux à produire, dont la signification opérationnelle est partagée par tous les acteurs

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

internes et externes, et dont la mesure permet d'approcher l'efficacité des actions mises en œuvre.

À l'instar d'un certain nombre d'activités « support » des entreprises industrielles, la maintenance souffre de lacunes plus ou moins grandes en matière de pilotage. Or, ce dernier permet d'assurer une maîtrise de son activité et de sa performance, une évaluation de la pratique en interne et une communication institutionnelle :

- Mesurer sa performance : vérifier que le niveau de prestation délivré par les fournisseurs des services de maintenance est conforme à ce que sont en droit d'attendre les différentes unités de l'entreprise ;
- Maîtriser ses « process » : contrôler et optimiser ses procédures, méthodes et pratiques internes afin de garantir un fonctionnement optimal du service ;
- Communiquer avec l'institution : valoriser l'activité de maintenance et sa contribution au fonctionnement global de l'établissement.

### **3.2.Définitions**

La sûreté de fonctionnement est apparue dans la seconde moitié du XXème siècle avec l'essor des systèmes industriels.

Elle s'est progressivement affirmée comme l'une des disciplines indispensables à la conception et à l'exploitation des systèmes complexes.

La sûreté de fonctionnement d'une installation industrielle a pour objectifs de réduire le nombre de défaillances potentielles de l'installation et de maîtriser les conséquences des défaillances qui pourraient malgré tout survenir. Elle contribue ainsi à l'optimisation des performances techniques et économiques du système [VILLEMEUR, 1988 ; LAPRIE, 1996].

La sûreté de fonctionnement se caractérise par quatre paramètres [AFNOR, 2002] :

**La disponibilité** : aptitude d'un outil de production à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données pendant une période donnée.

**La fiabilité** : aptitude d'un outil de production à accomplir dans des conditions données et dans un temps donné, une fonction requise.

**La maintenabilité** : aptitude d'un outil de production à être rétabli ou maintenu dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

**La sécurité** : aptitude d'un outil de production à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques. La sécurité apparaît comme un indicateur de performance de la sûreté de fonctionnement d'un système.

La sûreté de fonctionnement s'intéresse particulièrement aux risques de défaillances techniques d'un composant qui mettrait en péril le système.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser particulièrement à l'externalisation de la maintenance et son impact sur la disponibilité, la fiabilité et la maintenabilité.

Diverses méthodes ont été développées pour la modélisation de ces modes de défaillances comme l'AMDEC, l'arbre des causes, l'arbre des conséquences, le nœud papillon etc. [IDDIR, 2008 ; FAUCHER, 2004 ; INRS, 1999 ; VILLEMEUR, 1988 ; LAURENT, 2003].

Les premiers efforts en matière de sûreté de fonctionnement ont porté sur la technique pour réduire les fréquences de pannes et leurs conséquences. Leur mise en œuvre s'est traduite par une baisse très nette des arrêts des installations industrielles.

### ***3.3. Historique***

Les problèmes de Sûreté de Fonctionnement [LANNOY, 2008] existent depuis très longtemps, dès qu'un système a pu défaillir ou tomber en panne. Mais au départ, aucune étude spécifique de Sûreté de Fonctionnement n'était appliquée.

C'est dans les années 1930 que la première collecte d'informations statistiques sur des moteurs et des accidents d'appareils a été conduite dans le secteur du transport aérien.

Entre 1939 et 1942, nous avons vu apparaître les tous premiers objectifs quantifiés donnés par le capitaine A.F. Pugsley de la 7ème brigade d'infanterie canadienne.

Puis dans les années 1940, des techniques de fiabilité commencèrent à se développer, avec notamment la conception des V1 en Allemagne ou encore celle des moteurs de traction des locomotives aux Etats-Unis.

Dans les années 1950, le concept de maintenance [JARDINE, 1987] fait son apparition. Nous assistons également aux toutes premières études sur la fiabilité humaine pour les nouvelles centrales nucléaires. A la même époque, des travaux de recueil de données de fiabilité électronique sont entamés.

A partir de 1960, les industries aéronautiques et spatiales firent des analyses relatives aux défaillances de composants. Le département de la défense américain (DoD) promulgua les premières vraies exigences de Sûreté de Fonctionnement suite à des accidents sur missiles. En 1961, les laboratoires Bell utilisent le nouveau concept d'arbre des causes sur le projet du missile Minuteman [WATSON, 1961]. Cette technique va directement être reprise par Boeing. En France, la méthode des combinaisons de pannes est utilisée sur le projet Concorde, puis sur Airbus.

En 1962, l'Académie des Sciences accueille le mot « fiabilité » dans sa terminologie.

A partir de 1970, les premiers travaux sur la fiabilité des logiciels [LEDOUX et al., 2007] commencent et de nombreuses études sont menées dans le domaine du nucléaire. Nous pouvons citer, par exemple, le rapport américain Rasmussen [RASMUSSEN, 1975] sur les risques nucléaires des centrales de Surry 1 et Peach Bottom 2. En 1979, la catastrophe nucléaire de Three Miles Island [ROGOVIN, 1979] motive encore plus le développement d'outils de Sûreté de Fonctionnement. Puis, progressivement, les techniques de Sûreté de

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Fonctionnement vont largement se diffuser et s'étendre à de plus en plus de domaines : la chimie, le ferroviaire, l'automobile, le traitement et l'épuration de l'eau, et l'ensemble des grands secteurs industriels.

Aujourd'hui, des réglementations et des certifications imposent l'utilisation d'outils dédiés à la sûreté de fonctionnement.

### 3.4. Concepts et définitions

La Sûreté de Fonctionnement est, comme nous l'avons aperçu dans le paragraphe qui traite de l'intégration de domaines par l'ingénierie système, une spécialité dite transverse.

Elle concerne tous les domaines techniques, tous les génies. Elle a pour finalité le maintien du bon fonctionnement d'un système, d'un produit ou d'un de ses constituants, dans le temps, tout au long de son cycle de vie. La sûreté de fonctionnement est perçue à travers différents attributs : la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, ou encore la sécurité.

Son étude est devenue fondamentale pour les systèmes critiques, où un dysfonctionnement peut engendrer un risque humain ou financier important. Elle s'applique également aux systèmes d'information, où là encore un dysfonctionnement peut causer un risque financier conséquent, mais également un risque social.

J.C. Laprie [LAPRIE et al., 1995] a défini la sûreté de fonctionnement d'un système comme étant « la propriété qui permet à ses utilisateurs de placer une confiance justifiée dans le service qu'il leur délivre », où un utilisateur est un autre système (humain ou physique) qui interagit avec le système considéré et où le service délivré est le comportement du système tel que perçu par ses utilisateurs.

Un bon moyen pour présenter la sûreté de fonctionnement est de s'appuyer sur l'arbre de la sûreté de fonctionnement [AVIZIENIS et al., 2001; AVIZIENIS et al., 2004], présenté en Figure 8.

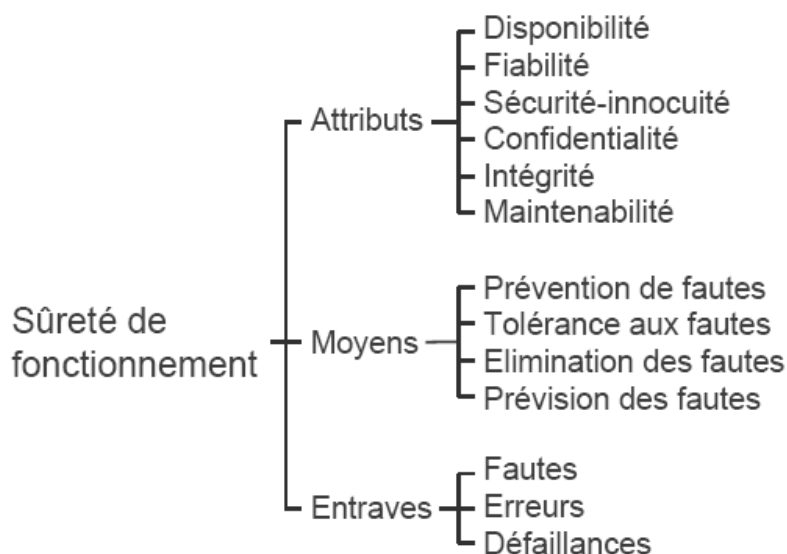


Figure III. 7: Arbre de la Sûreté de Fonctionnement.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Ainsi, la sûreté de fonctionnement possède différents aspects : ses attributs, sur lesquels un concepteur mettra plus ou moins l'accent suivant le type d'utilisation du système :

- Le fait d'être prêt à l'utilisation conduit à la disponibilité,
- La continuité du service conduit à la fiabilité,
- La non-occurrence de conséquences catastrophiques pour l'environnement conduit à
- La sécurité-innocuité,
- La non-occurrence de divulgations non-autorisées de l'information conduit à la confidentialité,
- La non-occurrence d'altérations inappropriées de l'information conduit à l'intégrité,
- L'aptitude aux réparations et aux évolutions conduit à la maintenabilité.

### **4. Enjeux de la sûreté de fonctionnement au sein de l'entreprise industrielle**

#### **4.1. Objectifs**

La Sûreté de Fonctionnement vise principalement à réduire le plus possible le nombre de défaillances d'un système industriel. Autrement dit, elle fait en sorte que le système délivre au maximum les services normalement prévus, sans qu'ils dévient de leurs objectifs respectifs.

Or, il est possible que des erreurs viennent perturber le bon fonctionnement d'une installation industrielle et fassent défaillir le processus de production. Nous définissons d'ailleurs une erreur comme la partie de l'état du système susceptible d'entraîner une défaillance.

Ces erreurs proviennent de ce que l'on appelle des fautes, lorsque ces dernières ont été activées. Ces fautes peuvent être de nature très diverses :

- Suivant la phase de conception : fautes de développement ou fautes opérationnelles,
- Suivant la frontière du système industriel : fautes internes ou fautes externes,
- Suivant leur localisation : fautes matérielles ou fautes organisationnelles,
- Suivant leur cause phénoménologique : fautes naturelles ou fautes dues à l'homme,
- Suivant les intentions en jeu : fautes non malveillantes ou fautes malveillantes,
- Suivant les capacités en jeu : fautes accidentelles, fautes délibérées ou fautes d'incompétence,
- Suivant leur persistance : fautes permanentes ou fautes temporaires (voire furtives).

La sûreté de fonctionnement met à disposition différents moyens pour limiter la présence de fautes, et donc éviter l'occurrence de défaillances :

- La prévention des fautes : qui s'attache à empêcher l'occurrence ou l'introduction de fautes,
- La tolérance aux fautes : qui fait en sorte que le système délivre toujours un service acceptable, même en présence de fautes,
- L'élimination des fautes : qui veut réduire la présence (nombre, sévérité) des fautes,
- La prévision des fautes : qui cherche à estimer la présence, la création et les conséquences des fautes.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Pour résumer, les principaux attributs de la sûreté de fonctionnement; disponibilité, fiabilité, et maintenabilité; correspondent aux propriétés du système liées à la sûreté de fonctionnement. Ils permettent d'apprécier la qualité d'un processus vis-à-vis des services délivrés. Les entraves à la sûreté de fonctionnement; fautes, erreurs et défaillances; sont les circonstances indésirables causes ou résultats de la non-sûreté de fonctionnement du système. Pour combattre ces entraves et atteindre les niveaux souhaités des attributs, les moyens de la sûreté de fonctionnement vont être sollicités: la prévention des fautes, la tolérance aux fautes, l'élimination des fautes et la prévision des fautes.

### ***4.2. Quelques méthodes de sûreté de fonctionnement***

Les principales méthodes de sûreté de fonctionnement consistent en des analyses des défaillances du système, de ses sous-systèmes et de ses composants pour déterminer leurs causes et estimer leurs conséquences sur le service rendu par le système. Ces analyses peuvent être qualitatives ou quantitatives, et elles se conforment à l'une des deux approches suivantes:

- **L'approche inductive:** qui correspond à un raisonnement du particulier vers le général, où l'on recherche les effets d'une défaillance sur le système ou son environnement.
- **L'approche déductive:** qui correspond à un raisonnement du général vers le particulier, où l'on recherche les causes possibles d'une défaillance.

Nous présentons ci-dessous quelques méthodes classiques de la sûreté de fonctionnement. L'objectif n'est pas d'être exhaustif. Pour une revue complète des différentes méthodes de sûreté de fonctionnement, le lecteur est invité à consulter [VILLEMEUR, 1988; ALDEMIR et al., 2006] ou encore [M2OS, 2010].

**Blocs – Diagrammes de Fiabilité (BDF):** méthode graphique servant à visualiser les sous-ensembles d'un système pour en faire apparaître la façon dont ils contribuent aux différentes fonctions du système. Elle montre notamment les redondances, les éléments qui contribuent à une même fonction et les éléments de secours nécessaires. Elle sert de base à des analyses de fiabilité, de sécurité, de maintenabilité et de disponibilité.

**Allocation de fiabilité:** pour décliner les objectifs de fiabilité spécifiés au niveau d'un produit complexe (par exemple une machine de production) en objectifs applicables à différents niveaux de l'arborescence technique ou fonctionnelle du produit.

**Evaluation prévisionnelle de fiabilité:** pour évaluer et affiner, avec un degré de précision croissant avec l'avancement du projet, la fiabilité du produit à l'aide de techniques et de données évoluant avec les progrès de la conception et l'acquisition de résultats d'essais. Elle constitue une base importante pour l'orientation des choix de conception et de maintenance.

**Estimations de fiabilité à partir d'essais ou de retour d'expérience:** pour déterminer les paramètres de lois de fiabilité à partir de données traitées de retour d'expérience ou d'essais.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

**Fiabilité prévisionnelle en mécanique:** pour estimer la fiabilité des composants mécaniques en prenant en compte les modes de défaillance particuliers (rupture, déformation, grippage, bruyance...) liés à la fatigue, à l'usure et au vieillissement.

**Fiabilité en mécanique – la méthode contrainte-résistance:** pour évaluer la fiabilité d'une pièce mécanique soumise à des contraintes.

**Analyse préliminaire de risques (APR) (*Preliminary hazard analysis (PHA)*):** pour identifier les points de l'installation qui peuvent être critiques pour la sécurité, évaluer les risques correspondants, les scénarios associés et définir les critères de conception à appliquer [DESROCHES et al., 2009 ; MORTUREUX, 2002].

**Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) (*Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*) et Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA)*) :** méthodes d'analyse inductive et rigoureuse ayant pour buts d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un processus de production, et pour l'AMDEC – de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maîtriser [FAUCHER, 2004 ; FAUCHER, 2009 ; LANDY, 2007].

**Méthode de l'Espace des Etats:** pour évaluer les principales caractéristiques de fiabilité et de disponibilité d'un système réparable.

**Analyse par arbre de défaillances (AdD) (*Fault Tree Analysis (FTA)*) :** permet une analyse déductive des causes techniques ou opérationnelles pouvant provoquer des situations contraires à un objectif spécifié, en particulier, de sécurité (situation redoutée) ou de disponibilité (événement indésirable) [LEE et al., 1985 ; VESELY et al., 1987].

**Analyse par arbre d'événements (AAE) (*Event Tree Analysis (ETA)*) :** permet d'identifier et d'évaluer les conséquences possibles d'un événement initiateur selon les circonstances ou dysfonctionnements avec lesquels il se combine.

**Analyse par arbre de causes :** pour réunir dans une représentation synthétique et logique tous les éléments ayant contribué à un incident avéré.

**Arbres de Maintenance et d'Aptitude à la Maintenance :** fournit le moyen de définir, d'optimiser et d'actualiser la politique de maintenance des outils de production.

**Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF) (*Reliability Centered Maintenance (RCM)*):** pour optimiser la maintenance tout en maîtrisant la sécurité, la disponibilité et la durée de vie d'un équipement.

### ***4.3. Enjeu de sûreté de fonctionnement***

Plus une erreur de fonctionnement est découverte tardivement, plus le risque technique induit peut être lourd et entraîner des surcoûts et des retards considérables pour le projet.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

L'apparition du risque peut notamment conduire à la mise en cause de la sécurité des personnes et des biens, à la dégradation de l'environnement, à la perte de fonctions ou tout simplement à la dégradation de l'image de marque.

L'enjeu de la sûreté de fonctionnement est donc d'identifier les risques au plus tôt dans la phase de fonctionnement de l'installation industrielle.

Comme nous l'avons déjà vu, la sûreté de fonctionnement est une activité d'ingénierie de maintenance. Elle peut être qualitative ou quantitative. La part qualitative correspond à l'optimisation des fonctionnements et elle représente environ 70% de l'activité totale. Les 30% restants représentent la partie quantitative consacrée à la maîtrise des risques avant leur arrivée à partir des prévisions déjà élaborées. C'est donc une phase d'optimisation du fonctionnement des installations et de leur mise en œuvre de façon à maximiser, à moindre coût, leur robustesse aux aléas.

En résumé, l'analyse de la sûreté de fonctionnement est une action de réduction des risques et donc du coût de maintenance et par conséquent, de production. Elle s'exerce essentiellement pendant les premières phases de mise en marche des machines, jusqu'à la réforme.

### ***4.4. Evaluation de l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement***

Dans cette partie, nous allons présenter la méthodologie d'évaluation d'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement proposée [GUILLERM et al., 2011].

#### ***4.4.1. Aperçu de la méthodologie d'évaluation***

L'objectif de la méthodologie est de pouvoir lier les exigences de sûreté de fonctionnement définies avant externalisation de la maintenance et après.

Ces liens correspondent alors à la déclinaison des exigences. La méthodologie se décompose en 4 étapes, organisées et définies de la manière suivante :

- Etape 1: analyse des défaillances au niveau du système de production complet, avec une maintenance complètement internalisée, qui peuvent conduire à un événement non souhaité.
- Etape 2: analyses des causes de ces défaillances en s'appuyant sur l'architecture du système. Il s'agit de trouver les origines des défaillances système au niveau des sous-systèmes.
- Etape 3: analyses des défaillances au niveau des installations industrielles après adoption d'une politique d'externalisation de la maintenance.
- Etape 4 : synthétiser la déclinaison des exigences de sûreté de fonctionnement à l'aide des informations des précédentes étapes.

Dans les accidents de la partie précédente, il s'avère que les composants n'étaient pas défaillants en termes de non-satisfaction des exigences pour lesquelles ils ont été conçus. Les composants ont fonctionné exactement comme cela était prévu. Les problèmes proviennent



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

des interventions des prestataires par la mal-compréhension du fonctionnement du système dans son ensemble. Ces erreurs sont des erreurs dans la source du système plutôt que dans les méthodes d'interventions des prestataires (y compris l'analyse de la sûreté des installations). Notamment, il s'agit d'erreurs dans l'attribution et la traçabilité des fonctions globales du système au niveau des installations.

En fait, l'augmentation de la taille et de la complexité des systèmes actuels rend les processus de d'intervention de plus en plus difficiles. Les changements apportés aux systèmes au fil des années font apparaître des limites des approches et techniques relatives à la sûreté. Ils concernent :

- Des évolutions technologiques rapides,
- Des changements dans la nature des accidents,
- De nouveaux types de dangers,
- Une augmentation de la complexité et de l'hétérogénéité,
- Une relation plus complexe entre l'humain et l'automatisation,
- Un changement de la vision des organismes de régulation et des simples utilisateurs sur la sûreté.

Ces changements représentent un challenge pour nous pour la définition de nouveaux processus, méthodes et outils d'analyse et d'évaluation de la sûreté.

L'expérience a, par exemple, montré que la majorité des accidents sont souvent causés non pas par la composition de défaillances indépendantes mais reflète plutôt d'une migration systématique du comportement organisationnel vers les limites d'un comportement sûr. Ceci est principalement dû aux pressions sur les coûts et sur l'efficacité exigée par l'entreprise externalisatrice dans un environnement de plus en plus compétitif.

Somme toute, les faiblesses des processus actuels d'analyse et d'évaluation de la sûreté peuvent être résumées par les points suivants (liste non exhaustive) :

- L'analyse de la sûreté comporte un certain degré intrinsèque d'incertitude. Ainsi, il existe un degré de subjectivité dans l'identification des problématiques de sûreté.
- Différents groupes ont besoin de travailler avec différentes vues du système (vue d'ingénieur système et vue d'ingénieur de sûreté par exemple). Généralement c'est un atout, mais cela peut être une barrière quand les vues sont incohérentes.
- Mauvaise définition des exigences de sûreté et de leur formalisation.
- Absence de traçabilité des exigences de sûreté.
- Les méthodes existantes (traditionnelles) sont insuffisantes vu la complexité des systèmes actuels.
- La description textuelle des modes de défaillance est souvent ambiguë.
- Absence de langage commun entre les différents métiers concernés par le système.
- Besoins mal spécifiés ou exigences mal formulées.
- Evolution des besoins/exigences dans le temps et mauvaise gestion du changement.
- Modification spontanée, parfois faite avec de bonnes intentions.
- Non accumulation de savoir-faire et manque de retour d'expérience.
- Pari technologique trop important.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- Définition erronée d'interface.
- Forte pression de la concurrence.
- Extension d'exigences fonctionnelles.

Nous constatons que les problèmes de sûreté de fonctionnement des systèmes ne proviennent pas nécessairement d'une mauvaise analyse ou mauvaise estimation des attributs de sûreté (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité, confidentialité, intégrité), mais de nombre d'autres aspects liés aux projets et à la démarche de conception.

Comme exemple nous pouvons citer : la gestion des données, les mécanismes de traçabilité, la gestion de configuration, la gestion des risques, la définition d'interface, la formulation d'exigence, etc.

Ainsi, la sûreté de fonctionnement passe certes par l'ensemble de ces attributs liés aux installations industrielles et aux conditions de travail, mais est également sous l'influence d'un certain nombre d'aspects liés aux prestataires des activités de maintenance externalisées. Ces éléments participent indirectement à la sûreté de fonctionnement du système, et c'est d'ailleurs en grande partie à eux que le travail présenté dans ce mémoire s'adresse.

### *4.4.2. Etudes des cas*

Dans toute industrie, il est primordial de gérer au mieux les actifs dont le fonctionnement dépend de leur maintenance. Par maintenance, nous entendons les prestations de maintenance préventive et corrective appliquées, les remplacements effectués, les stocks de matériels gérés et la main d'œuvre utilisée. Cette maintenance ne se fait pas sans contrepartie car il faut souvent trouver le meilleur équilibre entre performance des installations industrielles (fiabilité, disponibilité,...) et contraintes économiques. Il est donc important, d'une part, de déterminer l'impact qu'a un programme de maintenance sur la fiabilité des équipements du réseau qui acheminent l'électricité et d'autre part de savoir si, connaissant cet impact, les détails de la décision de maintenance appliquée est susceptible d'être mis à jour pour avoir une meilleure maîtrise des coûts induits dans la gestion des actifs du patrimoine industriel.

Le cadre particulier au sein duquel nous œuvrons est lié à l'indisponibilité des données d'analyse (comme les dates de pannes d'un matériel) ou leur existence en nombre restreint. Pour ce faire, nous proposons une approche qui tire partie des approches mêlant plusieurs sources d'information pour pallier au manque de données.

Dans des entreprises qui opèrent dans plusieurs domaines d'activités, nous évaluons l'impact de leurs décisions d'externalisation partiellement ou l'intégralité de leurs activités de maintenance, cette étude que nous proposons s'appuie sur l'impact direct actuelle des prestations de maintenance des installations industrielles, dans le sens où il faudra déterminer la portée qu'ont les programmes de maintenance actuels sur l'intensité de panne des entités maintenues. Pour ce faire, notre objectif est de mettre en évidence une analyse permettant d'estimer l'impact de la maintenance externaliser sur le fonctionnement des installations industrielles et devant rassembler des données hétérogènes issues des domaines suivants :

### Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

- Les types de maintenance : préventive et corrective,
- Les familles de tâches de maintenance : visite, contrôle, inspection,...
- La fréquence des opérations de maintenance,
- Un paramètre spécifique aux tâches : efficacité, périodicité,
- Certains quantificateurs liés à la sûreté de fonctionnement : fiabilité, taux de panne.

#### 4.4.3. Analyse des résultats de l'externalisation

Dans cette partie nous allons mesurer l'impact de l'externalisation de la maintenance sur les trois éléments de la sûreté de fonctionnement, à savoir : Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité. Et pour ce faire, nous allons comparer entre l'état initial (avant l'externalisation) et l'état actuel (après l'externalisation).

Cette étude nous mènera vers une analyse de ses résultats afin d'extraire les points forts et les points faible de la dite externalisation.

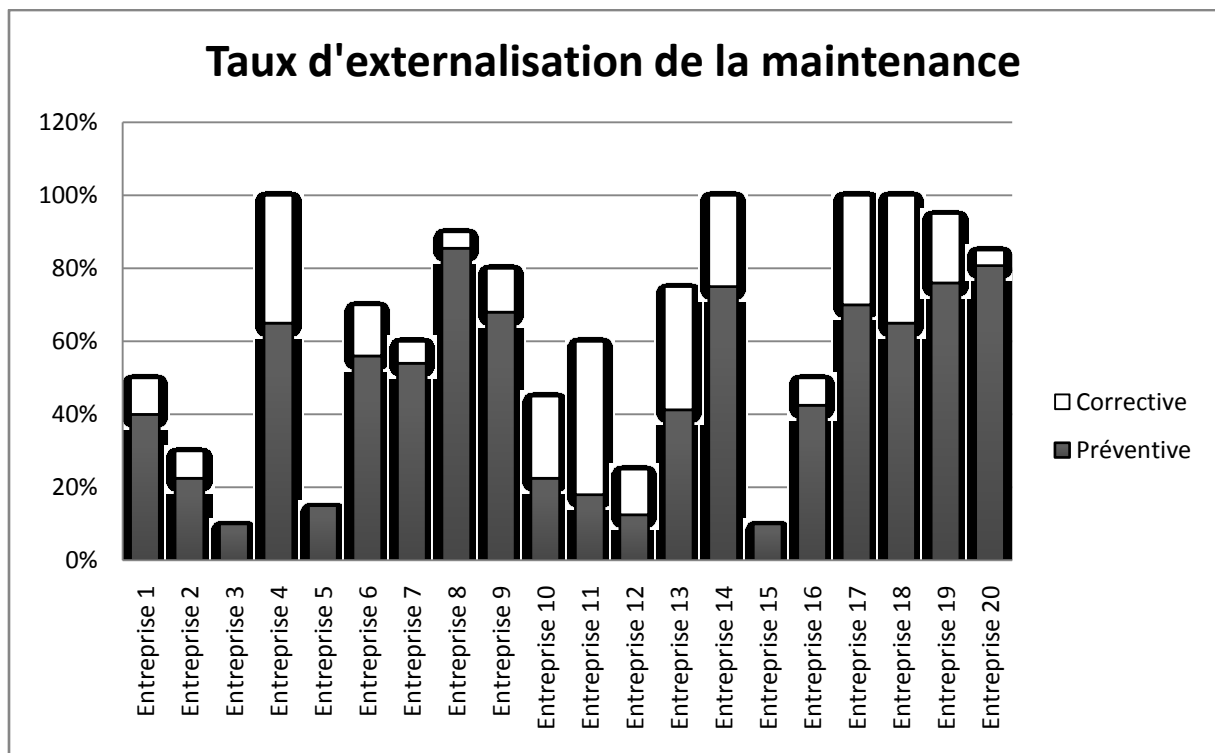
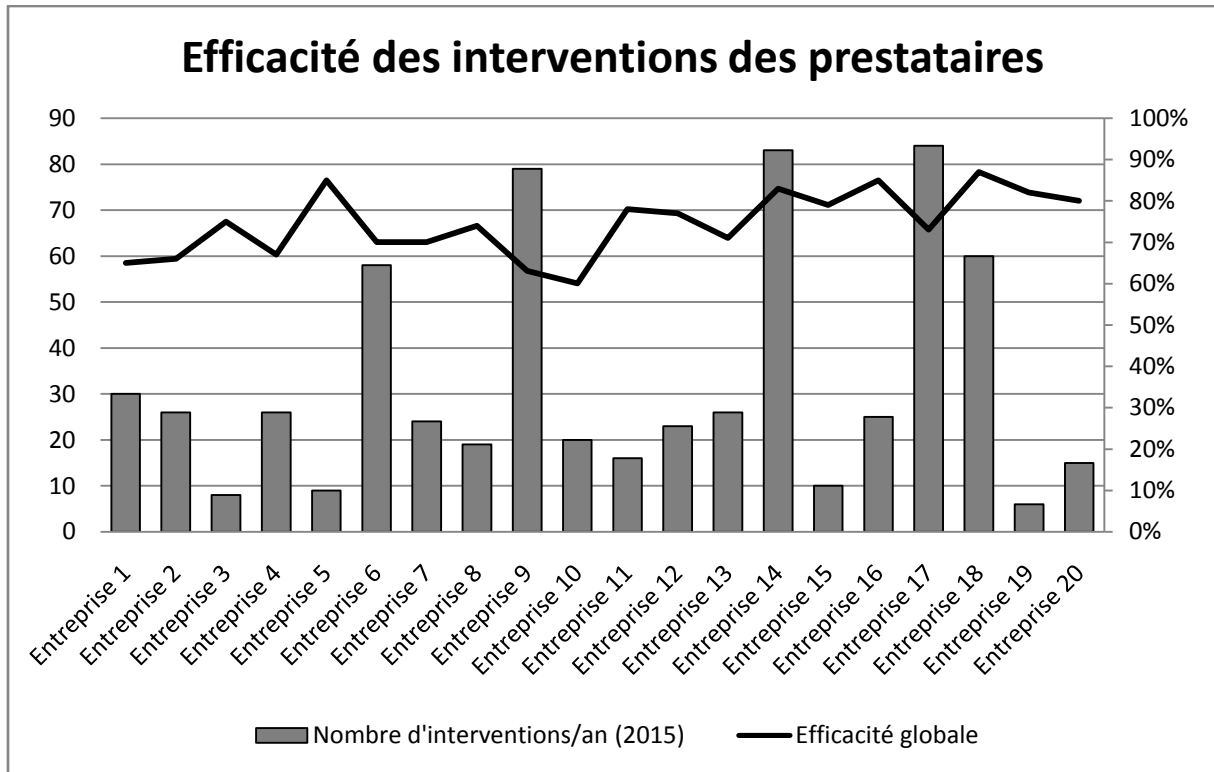


Figure III. 8: Taux d'externalisation des activités de maintenance.

La figure ci-dessus (Fig.III.9) représente à la fois le taux d'externalisation des activités de maintenance des entreprises interrogées, et aussi, la répartition de cette externalisation entre les activités de maintenance préventive et corrective.

Et à travers ce graphe, nous constatons une hétérogénéité concernant les indicateurs mesurés. Cette hétérogénéité représente une diversité concernant les politiques de maintenance adoptées par les différentes entreprises, et par conséquent, une richesse pour nous analyse de l'impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement des installations industrielle.

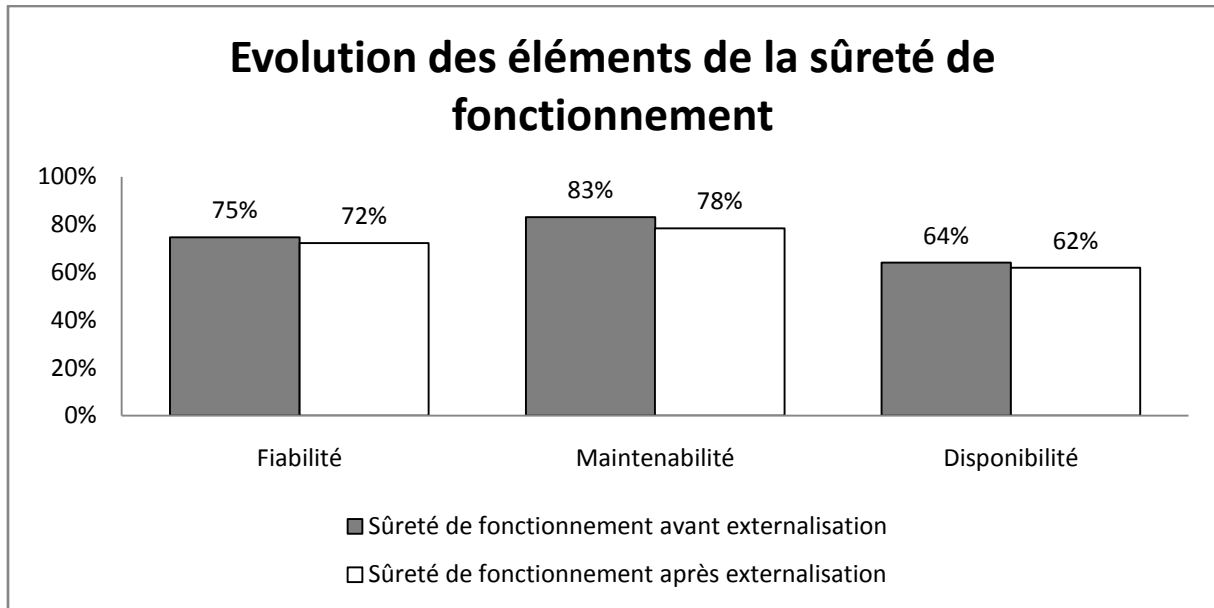
## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles



**Figure III. 9: Efficacité des interventions des prestataires de maintenance.**

Le premier constat que nous pouvons faire après l'analyse des données collectées dans le graphe de la figure ci-dessus, est que l'efficacité (exprimée par les services de production) des interventions de résolution des problèmes de maintenance, par le prestataire, est indépendante du nombre des interventions. Cette efficacité prend une valeur quasi-stable chez la majorité des entreprises sans qu'elle soit influencée par le taux d'externalisation des activités. Ce qui nous pousse à réfléchir à d'autres éléments qui peuvent nous indiquer la ligne directrice pour évaluer l'impact de l'externalisation de la maintenance sur les taux de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité.

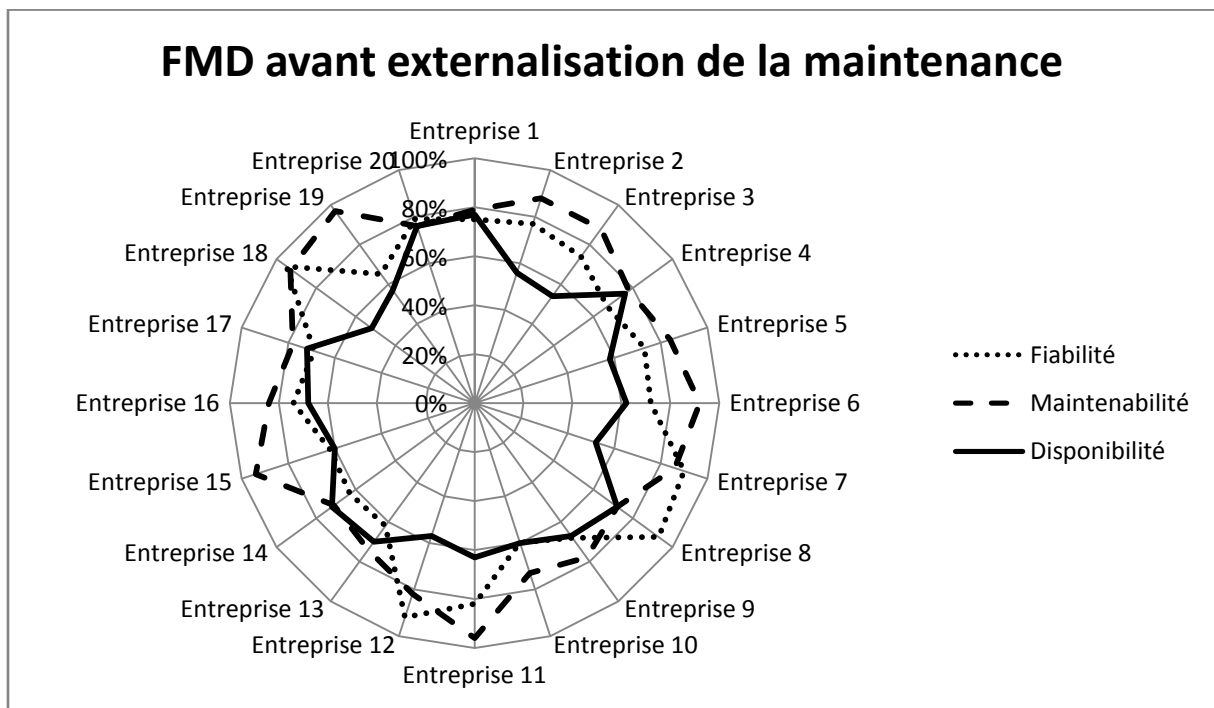
## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles



**Figure III. 10: Impact de l'externalisation de la maintenance sur la sûreté de fonctionnement.**

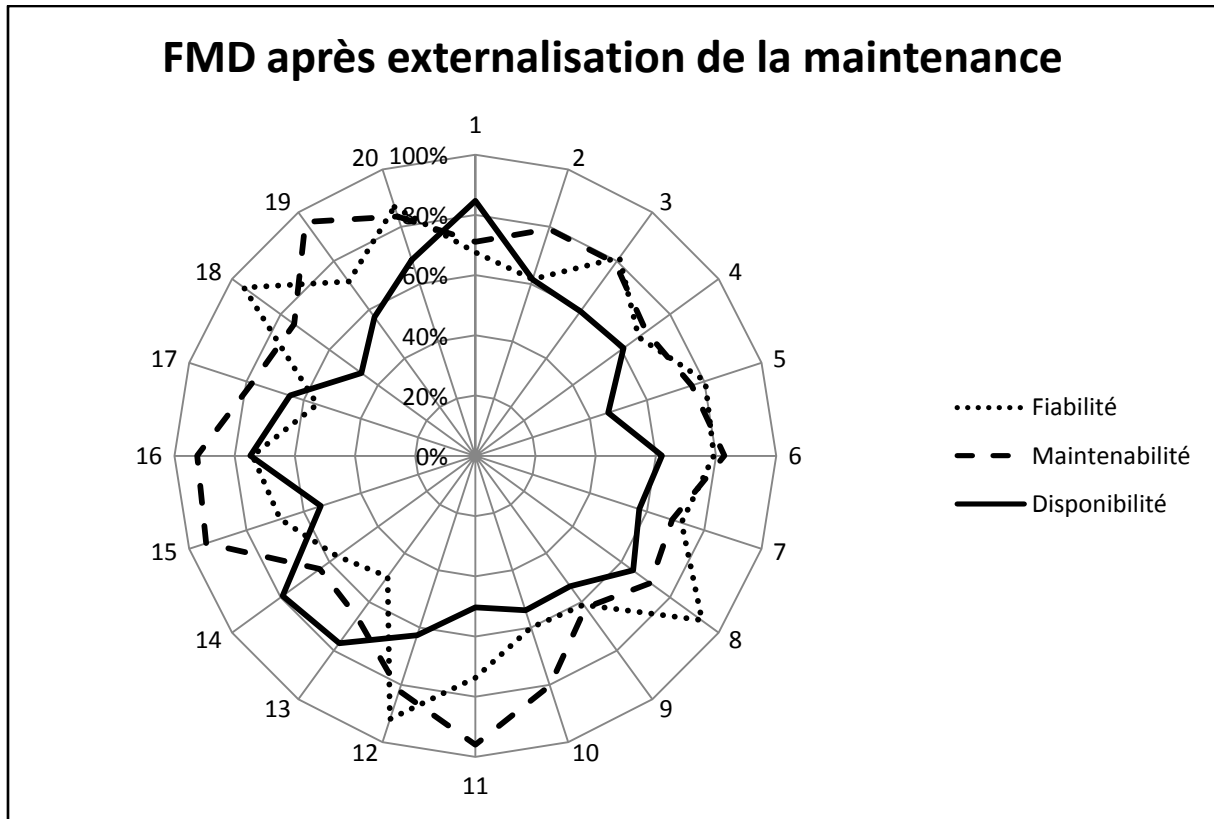
D'après la figure en-dessus, si nous raisonnons par moyenne, nous constatons que le taux moyen de la fiabilité a baissé de 75% à 72%, et de son tour le taux moyen de la maintenabilité a suivi une évolution négative pour aller de 83% avant l'externalisation à 78% après l'adoption de cette stratégie. Et enfin, le taux moyen de la disponibilité des installations industrielles a connu une légère diminution de deux point (de 64% à 62%).

Donc, avec ces résultats, nous ne pouvons conclure que la décision d'externalisation de la maintenance est une décision qui freine les objectifs stratégiques des entreprises industrielles à savoir l'amélioration du taux de la sûreté de leur patrimoine industriel.



**Figure III. 11: Situations des indicateurs de la sûreté de fonctionnement avant l'externalisation.**

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles



**Figure III. 12: Situations des indicateurs de la sûreté de fonctionnement après l'externalisation.**

Cependant, selon les graphes des figures 12 et 13, nous observons au niveau de :

- **Fiabilité** : les entreprises 3, 5, 6, 8, 12, 15, 18, 19 et 20 ont réussi à améliorer leur taux de fiabilité des installations de production à travers l'adoption des prestations de maintenance externes, c'est-à-dire 45% de la totalité des firmes.
- **Disponibilité** : seulement trois entreprises parmi les vingt interrogées ont pu améliorer leurs taux de disponibilité des moyens de production à travers l'externalisation des interventions de maintenance, ce qui ne représente que 15%. Est-ce que cela dépend des moyennes logistiques mis en œuvre lors des interventions ?
- **Maintenabilité** : nous retrouvons que 40% des entreprises ayant trouvé la recette magique pour évoluer le taux de maintenabilité du système de production.

#### 4.4.4. Synthèse

A travers les résultats collectés dans ce chapitre et qui englobent l'impact de la stratégie d'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles, nous déduisons que cet impact diffère d'une entreprise à une autre. Cette différence peut être interprétée par le retour les spécificités de chaque firme et son retour d'expérience qui peut être bénéfique pour les entreprises fraîchement externalisatrices afin de prendre en considération une multitude de risques.

Dans le reste de notre travail, nous allons mener une analyses des risques liés l'externalisation des activités de maintenance.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **5. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons mené, dans un premier temps, l'étape de diagnostic de l'existant d'un ensemble d'entreprises en termes de sécurité et sûreté de fonctionnement de moyens de production. Dans un second lieu, nous avons déterminé et analysé l'impact de l'externalisation de la maintenance sur ses éléments.

A l'issus de ces études de cas industrielles, nous avons validé une partie des approches proposées dans ce mémoire. Le travail que nous avons effectué servira pour nous guider vers une analyse des risques liés à l'externalisation de la maintenance, et par la suite la proposition d'un modèle d'aide à la prise de décisions qui concernent la réussite d'une stratégie de recentrage sur le cœur de métier en se basant sur l'externalisation des activités supports et surtout la maintenance industrielle qui fait l'objet de notre travail.

## **Chapitre IV : ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXTERNALISATION DE LA MAINTENANCE**

---



# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **1. Introduction**

Dans le chapitre précédent, nous avons abouti à une caractérisation des stratégies d'externalisation en décrivant leurs évolutions historique et en identifiant les bénéfices qui se rattachent à leur adoption. Toutefois, au-delà des avantages incontournables de l'externalisation au niveau stratégique, financier, organisationnel et opérationnel, cette stratégie cache des dangers non négligeables.

Dans ce chapitre, notre objectif sera de simuler le modèle d'externalisation de la maintenance présenté dans le chapitre précédent afin de pouvoir mettre le point sur les différents risques qui peuvent apparaître durant le cycle de vie de notre externalisation de la maintenance. A partir d'une revue bibliographique, de nos réflexions et des études sur le terrain, notre recherche s'est focalisée dans un premier temps sur la présentation des éléments théoriques abordant de plus près la notion de gestion du risque dans un contexte général et dans un second temps l'adaptation des concepts de la gestion des risques dans le contexte des stratégies d'externalisation de la maintenance en particulier.

Nous avons pris comme hypothèse principale de travail le fait qu'en évoquant les risques liés aux stratégies d'externalisation, nous jouons un double rôle, le premier lorsque nous nous plaçons dans le contexte d'une entreprise cliente qui souhaite externaliser partiellement ou totalement ses activités de maintenance. Et le deuxième, lorsque nous nous plaçons au côté du prestataire des services de maintenance.

Cependant, l'entreprise externalisatrice et son prestataire, constituent une entité homogène définissant un champ de travail mutuel qui se base essentiellement sur le partenariat, afin d'atteindre les objectifs tracés tout en remédiant aux différents risques que peut engendrer ce type d'activités.

Donc, la typologie des risques étudiés dans ce chapitre sera adaptée au contexte de l'externalisation de la maintenance selon le modèle établi dans le premier chapitre, ayant un impact direct ou indirect sur le personnel et les biens.

## **2. Un aperçu sur les risques liés à l'externalisation de la maintenance**

### ***2.1. Identification des risques***

Selon les standards AS/NZS 99, un risque est un événement ou une séquence d'événements susceptibles de gêner la réalisation des objectifs de l'entité ou du groupe, ou de réduire la capacité de l'organisation à réaliser ses objectifs. Pour [DAUPHINE, 2001] le risque est le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité.

Les risques spéculatifs et les risques purs ont des effets opposés. En d'autres termes, les premiers, appelés gain, sont les plus demandés par les entreprises, vus leurs bienfaits, pourtant, les entreprises craignent les autres, nommés perte, vus leurs méfaits [GUENNOUN et TALBI, 2012].

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Par ailleurs, nous apercevons qu'un risque peut être défini par certaines caractéristiques [COURTOT, 1998] :

1. Le domaine d'origine : Ce sont les espaces organisationnels, fonctionnels ou environnementaux liés au déroulement du projet où peuvent naître les risques.
2. Les causes : Les causes d'un risque peuvent être des faits, des contraintes, d'autres risques.
3. La période active et son état. La période active correspond à la période durant laquelle le risque est susceptible de se manifester. Elle peut être définie par une ou plusieurs fractions de temps. L'état d'un risque se caractérise par l'un des trois attributs suivants : latent (le risque ne s'est pas manifesté), apparu (il s'est manifesté) ou disparu (on considère qu'il ne peut plus se manifester).
4. L'impact : C'est la conséquence ou l'effet produit par la réalisation du risque. L'impact d'un risque se définit par trois notions qui sont le type d'impact (coût, délai, performance), la valeur de l'impact qui peut être fonction du temps et la technique utilisée pour estimer son impact.
5. La portée : Elle est liée à la remise en cause d'objectifs à différents niveaux de responsabilité du projet qu'il induit si le risque se manifeste.
6. La probabilité d'apparition : Elle exprime le degré d'éventualité dans la manifestation d'un risque. La probabilité d'apparition d'un risque peut être estimée de manière qualitative ou quantitative.
7. La détectabilité : C'est le niveau de détection possible dans la manifestation du risque (apparition de l'impact) ou, précocement, le déclenchement d'une de ses causes. Elle est fonction du volume d'informations caractérisant le risque.
8. Le responsable : Le management d'un risque requiert un pilote qui en assume la responsabilité. Le pilotage d'un risque doit être assuré par le ou les intervenants disposant des pouvoirs d'orientation, de décision, de choix ou de réalisation associés au risque.
9. Les actions de maîtrise : C'est l'ensemble des dispositions et des actions destinées à éviter son apparition (caractère préventif) ou à limiter son impact (caractère correctif).

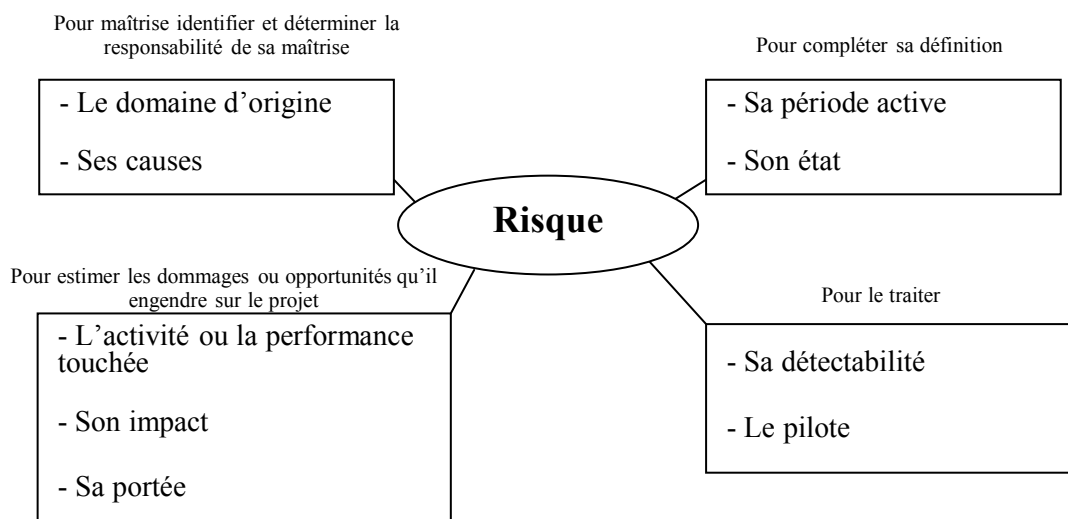


Figure IV. 1: Les caractéristiques des risques et les actions du processus de gestion des risques favorisées.

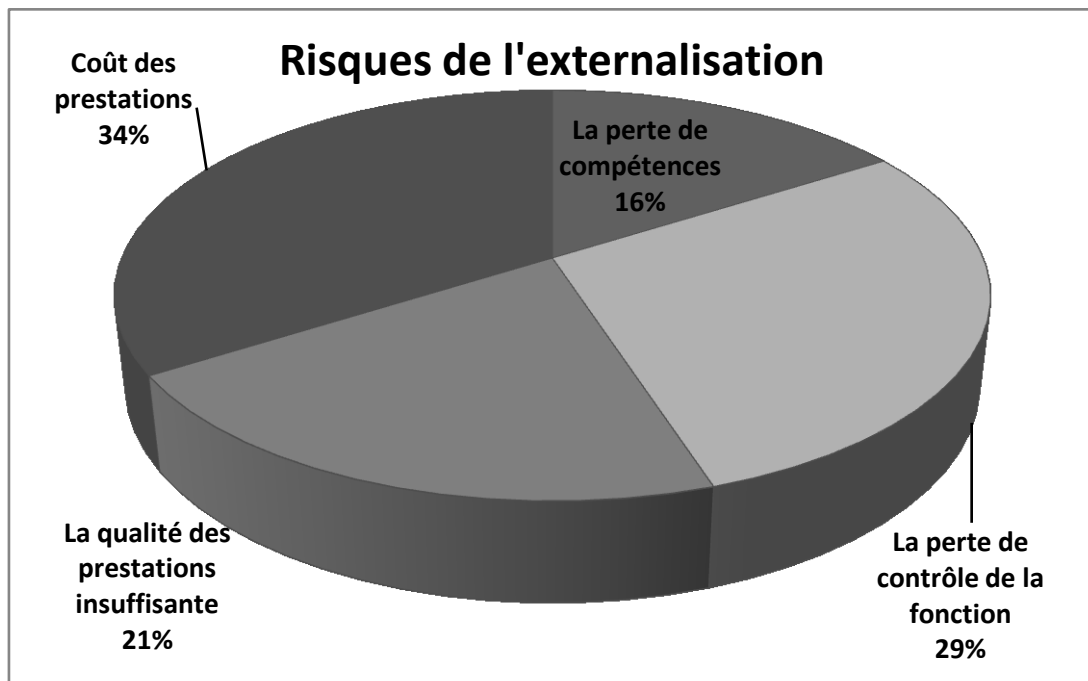
## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

La nécessité de la prise en compte des risques dans le cadre de l'externalisation des activités de maintenance a été largement reconnue. Elle apparaît comme l'une des réponses opérationnelles les plus pertinentes face aux difficultés que rencontre aujourd'hui la plupart des organisations dans la gestion de leurs services de maintenance.

### ***2.2. Typologie des risques liés à l'externalisation de la maintenance***

Nous avons fait une revue bibliographique de ces typologies de risques existantes dans la littérature et consacrées aux projets d'externalisation. Plusieurs typologies ont été retenues dont le contenu et la structure varient, mais ensemble, elles servent à enrichir notre démarche sur cette partie de l'étude. A l'issue de cette revue, il est intéressant de constater que la panoplie de typologies des risques du projet d'externalisation est large et diverse.

D'après les résultats de notre questionnaire, les risques généralement associés à l'externalisation sont : la perte de contrôle de la fonction, perte des compétences internes, la mauvaise qualité des prestations, les coûts trop chers et le manque de prestataires (Figure IV.2).



**Figure IV. 2: Les principaux risques liés à l'externalisation de la maintenance.**

Les classifications sont fondées sur des critères variés : la nature, l'origine ou l'impact. Citons d'abord les travaux de Courtot [COURTOT, 1998] qui a développé une taxinomie des risques que l'on présente dans le tableau suivant. Cet auteur classe les risques à partir des éléments liés aux caractéristiques d'un risque.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

**Tableau IV. 1:** Typologie des risques selon Courtot.

| Critère                  | Risques                                                                                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nature                   | Technique – Financier – Humain - Organisationnel – Managérial- Juridique – Réglementaire – Commercial                                  |
| Origine                  | Liées au(x) : Pays débouché – Client – Produit – Fournisseurs - Sous-traitants - Pouvoirs publics - Instances juridiques- L'entreprise |
| Conséquences             | - Les risques affectant les performances du projet<br>- Les risques affectant l'existence même du projet                               |
| DéTECTABILITÉ            | DéTECTABLES - IndéTECTABLES                                                                                                            |
| Contrôlabilité           | Contrôlables - Incontrôlables                                                                                                          |
| Gravité                  | - Risques négligeables / acceptables<br>Risques catastrophiques / inacceptables                                                        |
| Probabilité d'occurrence | - Improbables ou rares - Probables ou fréquents                                                                                        |

### ***2.3. Classification des risques liés à l'externalisation de la maintenance***

#### ***2.3.1. La définition des risques***

Par analyse des entretiens réalisés sur le terrain pour décomposer l'information, puis à partir d'un examen de la littérature spécialisée, nous avons cherché à détecter les risques exprimées par les différents acteurs et ayant des répercussions directes sur les entreprises externalisatrices de leurs activités de maintenance. Ce qui nous a permis de mettre en exergue une liste de dix-huit risques :

1. Perte du savoir faire et des compétences ;
2. Dépendance par rapport à un prestataire ;
3. Risque social ;
4. Risque contractuel ;
5. Irréversibilité ;
6. Coûts cachés ;
7. Fuites d'information et perte de confidentialité ;
8. Incompatibilité stratégique ;
9. Perte de contrôle sur l'activité de maintenance externalisée
10. Opportunisme ;
11. Perte d'expertise et de connaissance ;
12. Risque économique global ;
13. Risque pénal
14. Mauvaise sélection des prestataires ;
15. Incompatibilité des compétences ;
16. Modification de la structure de l'entreprise ;
17. Détérioration de l'image de marque ;
18. Dilution des responsabilités.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

### 2.3.2. L'élaboration de la matrice de classification des risques

La superposition du résultat de la première phase avec les typologies présentées précédemment issus de la littérature, nous a permis de nous inspirer de ces travaux antérieurs pour pouvoir donner une dénomination à ces six natures de risques proposées, et puis nous allons projeter les différents risques identifiés sur les phases du processus d'externalisation de la maintenance préétabli (Tableau 2).

La typologie résultante est organisée selon une structure bidimensionnelle :

- La première colonne est composée de six critères : relationnel / humain, financier, technique, social / organisationnel, juridique et stratégique ;
- La première ligne représente les différentes phases d'une externalisation des activités de maintenance : phase pré-décisionnelle, prise de décision, mise en œuvre et post-externalisation ;
- L'intersection est une liste exhaustive des risques énoncés comme des événements qui peuvent avoir une influence négative sur le projet d'externalisation de la maintenance.

Le tableau ci-après présente notre propre typologie de risques liés à l'adoption des stratégies d'externalisation.

**Tableau IV. 2:** Matrice multicritères des risques liés à l'externalisation de la maintenance.

| Phase<br>Nature          | Pré-décisionnelle                 | Prise de décision                             | Mise en œuvre                                      | Post-externalisation                                                                                 |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relationnel / Humain     | Opportunisme                      | Mauvaise sélection des prestataires           | Implication du personnel interne                   | -Dépendance<br>-Fuite d'information et perte de confidentialité                                      |
| Financier                | Coûts cachés                      | Evaluation du projet d'investissement         | Risque économique global                           | Evaluation des écarts                                                                                |
| Technique                | Elaboration du cahier des charges | Préparation du chantier pour la mise en œuvre | Mise à disposition de tous les moyens techniques   | -Perte de savoir faire<br>-Perte de contrôle sur l'activité<br>-Perte d'expertise et de connaissance |
| Social / Organisationnel | Dilution des responsabilités      | Incompatibilité stratégique                   | -Risque social<br>-Incompatibilité des compétences | Dépendance sociale à un ou plusieurs prestataires                                                    |
| Juridique                | Pénal                             | Elaboration des contrats de maintenance       | -Contractuel<br>-Modification de la structure      | Pénal                                                                                                |
| Stratégique              | Impact à moyen et long termes     | Irréversibilité                               | Déviations/stratégies globales de l'entreprise     | Détérioration de l'image de marque                                                                   |

Avec :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- **Risque Relationnel / Humain** : engendrant un certain opportunisme de la part du fournisseur, une dépendance vis-à-vis du prestataire, une perte de confidentialité dû au fournisseur ou encore une mauvaise sélection des prestataires.
- **Risque Financier** : qui se traduit par l'apparition de coûts cachés et par un risque économique global pour l'entreprise externalisant des activités de maintenance ;
- **Risque Technique** : englobant un blocage (lock-in) technologique ;
- **Risque Social / Organisationnel**: comprenant le risque de dilution des responsabilités, l'incompatibilité culturelle, le risque social et l'incompatibilité des compétences ;
- **Risque Juridique**: qui se compose de l'ensemble des risques pénal, contractuel et la modification de la situation juridique de l'entreprise.
- **Risque Stratégique**: qui se traduit à la fois par la détérioration de l'image de marque de l'entreprise donneuse d'ordre et du risque d'irréversibilité.

### ***2.4.Evaluations des risques liés à l'externalisation de la maintenance***

#### ***2.4.1. Elaboration du questionnaire et collecte des données***

La classification établie des risques, servira pour guider les donneurs d'ordre souhaitant externaliser complètement ou partiellement leurs activités de maintenance en prenant en considération les principaux risques que peuvent rencontrer les donneurs d'ordre, et pour valider nos résultats nous avons procédé dans un premier temps à une identification des différents risques en se basant sur une études théorique des recherches antérieures et une étude sur le terrain. Ensuite, en se basant sur une analyse multicritère permettant d'adapter ces risques aux différentes phases du projet d'externalisation de la maintenance.

Dans le but d'évaluer l'impact des risques présentés ci-dessous, nous avons effectué une étude sur le terrain, sous forme d'un sondage par le biais d'un questionnaire, structuré de la façon suivante :

- Première partie d'identification de l'entreprise et de l'interviewer ;
- Deuxième partie contient des questions :
  - ✓ Première question concerne l'évaluation de chaque type de risque, afin de mettre en évidence un ordre de priorité lors de la phase du traitement ou bien de la recherche des propositions d'amélioration ;
  - ✓ Deuxième question concerne des risques en couple, et cela afin de dégager l'interaction entre les différents risques et le degré de cohérence qui se trouve dedans ;
  - ✓ Dans la troisième question nous avons proposé des solutions, et laissé le soin du choix pour chaque type de risque le ou les solutions les plus adaptées selon chaque situations, et pour cela nous avons proposé :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

**Solution 1** : continuer l'externalisation: il s'agit de continuer l'adoption de la stratégie d'externalisation telle qu'elle est, sans aucun changement [BARTHELEMY, 2003] ;

**Solution 2** : changer de fournisseur : cette alternative correspond à une cessation de l'activité d'un prestataire afin d'opter pour un autre plus compétant [BARTHELEMY, 2001] ;

**Solution 3** : ré-internaliser l'activité ou le processus externalisé : il s'agit de réintégrer (re-insourcing) l'activité externalisée et la reprendre en interne [FRERY & LAW-KHENG, 2007] ;

**Solution 4** : continuer l'externalisation autrement : c'est le cas où l'entreprise continue l'externalisation avec le même prestataire mais en changeant quelques clauses au niveau du contrat [VILLARREAL et al., 2005].

- ✓ Et la quatrième question était une question ouverte pour toute proposition d'amélioration de la gestion des risques liés à l'externalisation de la maintenance.

Avant de cerner les informations à recueillir ainsi que le type de recherche et la méthode d'obtention des données, nous allons dans ce qui suit décrire la procédure suivie pour la définition de la population dans notre cadre de recherche.

Le choix de notre échantillon d'étude a été guidé par le critère de sélection principal à savoir l'adoption des stratégies d'externalisation de la maintenance. En effet, lors de notre étude, nous nous sommes intéressés aux entreprises marocaines externalisant des activités de maintenance et opérant dans divers secteurs d'activités. L'échantillon objet de notre étude est constitué de 30 entreprises de production opérant dans plusieurs régions du Maroc.

**Tableau IV. 3:** Répartition des entreprises sondées selon leurs tailles.

| <b>Nombre d'employés</b> | <b>Nombre des entreprises</b> | <b>Répartition en %</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Moins de 50 employés     | 4                             | 13.33%                  |
| De 50 à 90 employés      | 7                             | 23.33%                  |
| De 90 à 200 employés     | 10                            | 33.33%                  |
| De 200 à 500 employés    | 5                             | 16.67%                  |
| Plus de 500 employés     | 4                             | 13.33%                  |
| Refus                    | 0                             | 0%                      |
| <b>Total</b>             | <b>30</b>                     | <b>100%</b>             |

### *2.4.2. Analyse des résultats*

Dans une première partie de l'interprétation des résultats, il s'agit de classer les risques par ordre d'importance suivant les poids accordés aux 30 entreprises. Ces poids sont repris dans le tableau récapitulatif suivant (Tableau IV.4).

Les critères et les alternatives de notre étude ont fait l'objet d'un questionnaire (voir annexes) destiné à des experts et responsables choisis sur la base de leur connaissance et de leur compétence en matière d'externalisation de maintenance. Ces derniers ont évalué les

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

importances relatives des critères et alternatives sur une échelle présentée au tableau variant de 1 (peu important) à 9 (extrêmement plus important).

Tableau IV. 4: Echelle des comparaisons des critères.

| Jugement verbal               | Evaluation numérique |
|-------------------------------|----------------------|
| Extrêmement plus important    | 9                    |
|                               | 8                    |
| Très fortement plus important | 7                    |
|                               | 6                    |
| Fortement plus important      | 5                    |
|                               | 4                    |
| Modérément plus important     | 3                    |
|                               | 2                    |
| Importance égale              | 1                    |

### 2.4.3. L'analyse multicritère

#### a) Justification du choix de la méthode AHP

Nous avons opté pour la méthode de hiérarchie multicritère (AHP) de Saaty qui fait partie de la famille des approches dites de l'école américaine pour résoudre le problème d'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation des activités de maintenance.

Cette méthode vise à organiser l'information et les préférences qui interviennent dans la prise de décision. Elle reflète la logique et les convictions subjectives qui peuvent se manifester vis-à-vis de questions ou problèmes particuliers. Puis, elle synthétise les diverses opinions exprimées et débouche sur une recommandation qui s'accorde avec les attentes.

Les raisons qui nous poussent vers l'utilisation de cette méthode pour la résolution des problèmes d'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation sont les suivantes:

- La AHP est un modèle souple et facilement compréhensible pour résoudre un large éventail de problèmes non structurés. Les problèmes d'adaptation aux risques d'externalisation étant non structurés, le développement d'un modèle permettra d'alléger le fardeau de la prise de décision.
- La AHP permet de résoudre des problèmes complexes tout en tenant compte de l'interdépendance des éléments du système sans se focaliser sur une pensée linéaire. Les problématiques d'adaptation aux risques d'externalisation sont des problèmes complexes où il faut considérer séparément plusieurs facteurs parfois conflictuels.
- La AHP reflète la tendance naturelle de l'humain à trier et classer ensemble les éléments semblables d'un système sur un même niveau. L'expert en l'externalisation se sentira donc à l'aise en utilisant cette méthode.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- La AHP attribue des valeurs numériques à des jugements subjectifs sur l'importance relative de chaque variable et permet de synthétiser les jugements afin de déterminer les variables qui ont la plus grande priorité et sur lesquelles il convient d'agir pour parvenir à la solution.
- La AHP organise les préférences, les intuitions et la logique du gestionnaire de projet dans une approche structurée de prise de décision qui s'applique bien aux problèmes d'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation.

En résumé, cette méthode est un outil de décision multicritère robuste et flexible. Cet outil permet de considérer les critères subjectifs autant qu'objectifs et s'adapte bien, à notre avis, au processus de décision en problématique d'adaptation aux risques d'externalisation.

Notre objectif en optant pour une approche multicritère de prise de décision en problématique d'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation est de permettre à l'expert d'agir, face à ce problème, avec un degré d'incertitude moindre.

L'aide multicritère à la décision diminue l'incertitude car l'expert d'externalisation prendra en compte un grand nombre de facteurs avant d'agir. L'incertitude et le risque étant moindres, la probabilité de performance et de succès de l'étude sera plus élevée.

### **b) La structuration hiérarchique**

L'application de la méthode AHP se fait à deux niveaux : la structure hiérarchique et l'évaluation.

La structure hiérarchique de la méthode AHP reflète la tendance naturelle de l'esprit de l'homme. Cette structure hiérarchique clarifie le problème et permet d'identifier la contribution de chaque élément à la décision finale.

L'objectif global du problème traité se situe au niveau le plus haut de la hiérarchie. Les critères et les sous critères, étant les éléments qui influencent cet objectif, se trouvent dans les niveaux intermédiaires de la hiérarchie. Les alternatives (ou solutions) sont le niveau le plus bas de l'hiérarchie.

Pour notre enquête, nous avons construit trois niveaux hiérarchiques (figure IV.3). Le niveau 1 étant l'objectif global de l'enquête, le niveau 2 compare les critères par rapport à l'objectif, le niveau 3 compare les alternatives par rapport à chaque critère. Le but de chaque analyse est de cibler le meilleur critère et la meilleure alternative par rapport au niveau hiérarchique supérieur, selon les objectifs stratégiques fixés par les entreprises.

A ce niveau, il est maintenant possible de faire des comparaisons par paire.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

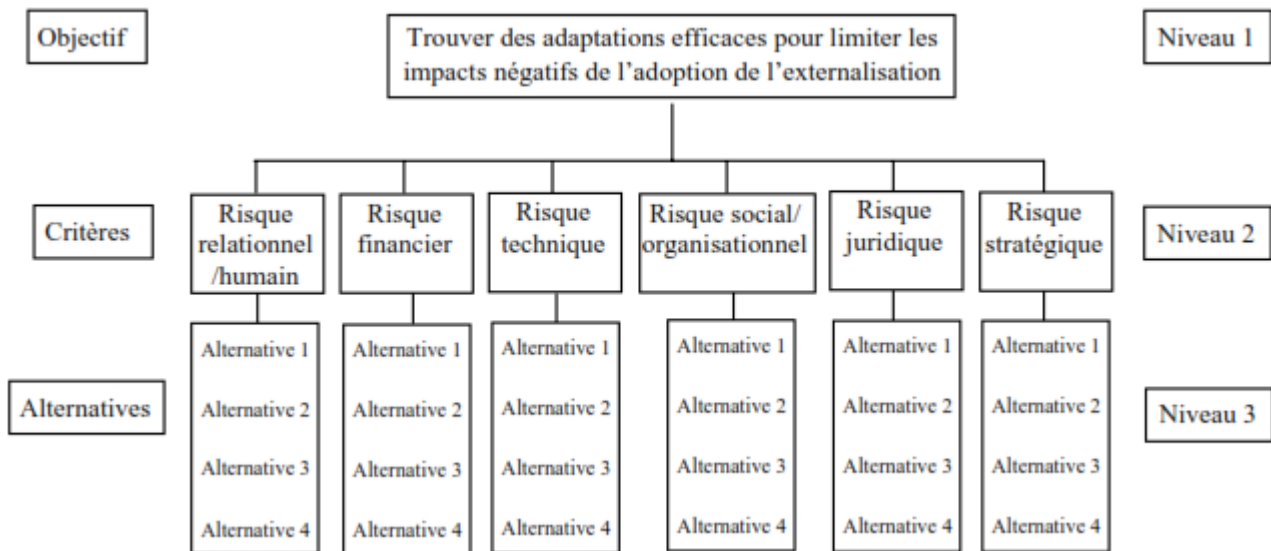


Figure IV. 3: Niveaux hiérarchiques du problème.

### 2.4.4. Evaluation

La méthode AHP intègre l'opinion et l'évaluation des experts, et décompose le problème de décision à multicritères en un système des hiérarchies, en descendant dans la hiérarchie de grands aux petits éléments.

Parmi plusieurs méthodes de prise de décision à multicritères, AHP s'identifie par sa façon de déterminer les poids de critères. À l'étape d'évaluation, les éléments qui se situent à un même niveau de la hiérarchie sont comparés les uns avec les autres, par des comparaisons par paire. À chaque niveau de la hiérarchie, les comparaisons par paire sont effectuées par rapport aux éléments du niveau supérieur.

Dans ce qui suit, nous allons prendre l'exemple de « l'Entreprise 2 » afin d'expliquer la procédure d'analyse et de traitement des données.

### 2.4.5. Matrices de comparaison

Dans le but d'établir les priorités des différents éléments du problème, il faut effectuer des comparaisons binaires. C'est la comparaison des éléments deux à deux par rapport à un élément de niveau hiérarchique supérieur donné. L'analyse matricielle est simple d'utilisation.

Avant d'initier la comparaison binaire, les hiérarchies doivent être construites. Le processus de comparaison binaire s'effectue en commençant au sommet de la hiérarchie en sélectionnant l'élément qui sera utilisé pour la première comparaison. Ensuite, nous considérons les éléments du niveau immédiatement inférieur. Une matrice de comparaison suit la forme présentée à la figure précédente. Le nombre d'éléments à comparer gouverne la taille de la matrice.

Dans la matrice, nous évaluons chaque élément de la colonne de gauche à chaque élément de la ligne supérieure par rapport à l'objectif (ou au critère) fixé. La diagonale dans la matrice représente la comparaison d'un élément avec lui-même et correspond toujours à la valeur 1. Le nombre de comparaisons à effectuer se calcule ainsi :

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Nombre de comparaisons =  $\frac{n^2-n}{2}$ , où n = nombre de critères.

Puisque dans notre étude, le nombre de critères est de six, il y a donc 15 comparaisons à effectuer, soit le triangle supérieur au-dessus de la diagonale. Les valeurs réciproques sont utilisées pour compléter les cases sous la diagonale.

Pour obtenir l'ensemble des priorités globales du problème, il faut procéder à des opérations de pondération et d'addition qui fournissent un chiffre unique indiquant la priorité de chaque élément.

Les quatre étapes pour arriver aux valeurs des priorités sont les suivantes :

- 1) Additionner les colonnes de la matrice : tous les éléments d'une même colonne sont additionnés ;
- 2) Normaliser la matrice: chaque entrée de la matrice est divisée par le total de sa colonne.
- 3) La normalisation de la matrice permet alors des comparaisons significatives entre les éléments ;
- 4) Calculer la moyenne des lignes : tous les éléments d'une même ligne de la matrice normalisée sont additionnés et ensuite divisés par le nombre d'entrées qu'elle comporte ;
- 5) Résultat : le résultat de l'étape précédente fournit les pourcentages des priorités globales relatives.

Ces calculs sont effectués par le logiciel Expert Choice version 11.5 support informatique dont jouit la méthode AHP. Ce logiciel assiste spécifiquement dans la phase de prise de décision, par la synthèse de l'ensemble des jugements fournis par les experts et basée sur un traitement analytique des données théoriquement fondées.

### *2.4.6. Les critères*

A ce stade, le décideur a porté un jugement de valeur sur l'importance relative de chaque critère et a spécifié une préférence pour chaque alternative en regard de chaque critère. Il s'agit maintenant de déterminer les priorités et de les synthétiser. Cette étape consiste à calculer la priorité de chaque critère en relation avec sa contribution vers l'atteinte de l'objectif. La figure suivante illustre les résultats obtenus.

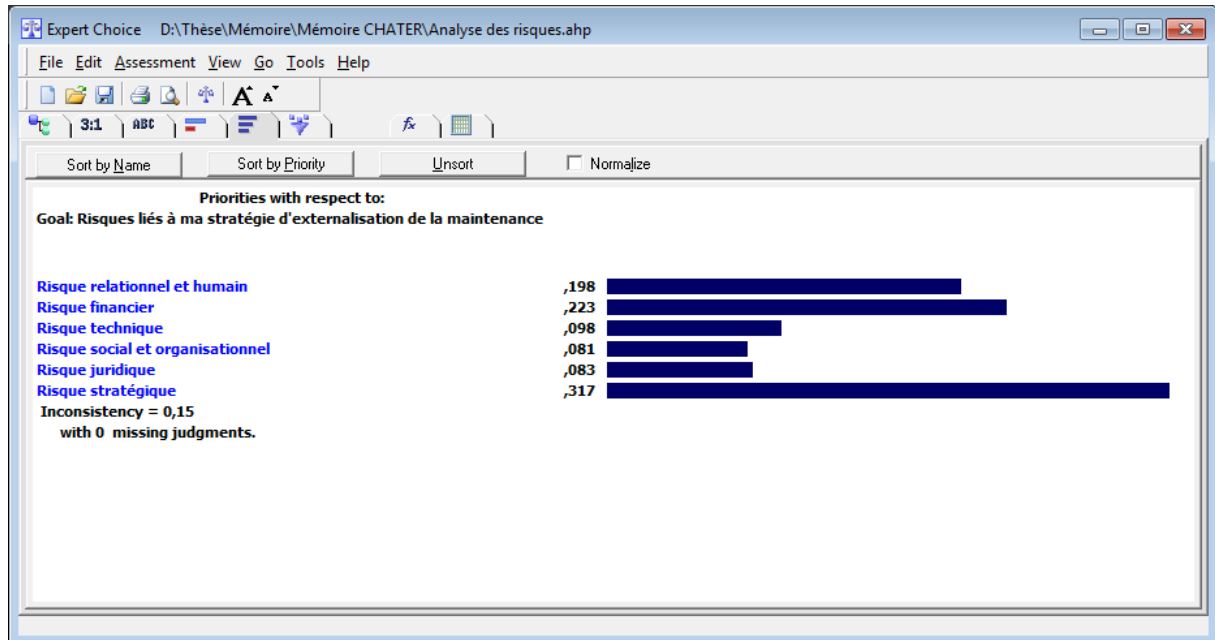
Dans une première partie de l'interprétation des résultats, il s'agit de classer les critères par ordre d'importance suivant les poids accordés aux 20 entreprises. Ces poids sont repris dans le schéma récapitulatif suivant.

**Tableau IV. 5:** Matrice de comparaison des critères par rapport à l'objectif.

| Risques               | Relationnel et humain | Financier | Technique | Social et organisationnel | Juridique | Stratégique |
|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|-------------|
| Relationnel et humain | 1                     | 3         | 1         | 1                         | 3         | 1/4         |
| Financier             | 1/3                   | 1         | 3         | 5                         | 3         | 1           |

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

|                           |     |     |     |   |     |     |
|---------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|
| Technique                 | 1   | 1/3 | 1   | 2 | 1/2 | 1/3 |
| Social et organisationnel | 1   | 1/5 | 1/2 | 1 | 1   | 1/3 |
| Juridique                 | 1/3 | 1/3 | 2   | 1 | 1   | 1/4 |
| Stratégique               | 4   | 1   | 3   | 3 | 4   | 1   |



**Figure IV. 4: Classement des risques selon les priorités.**

Au regard des résultats ci-dessus, il est clair que le risque le plus important aux yeux de la plupart des entreprises externalisant leurs activités de maintenance est le risque stratégique. Les risques financier et relationnel et humain sont, quant à eux, considérés comme étant important et critiques après la vision stratégique de l'entreprise.

Quant au risque technique, il occupe le quatrième rang d'importance. Par ailleurs, les risques juridique, social et organisationnel sont les risques les moins importants pour les responsables interviewés et les moins pris en considération de la plupart des entreprises qui externalisent leurs activités de maintenance.

**N.B. :** Le ratio de cohérence (RC) est inférieur à 0,25. Le jugement est donc considéré compatible.

### 2.4.7. Les alternatives

Il s'agit à ce niveau de l'étude de relever la priorité des quatre alternatives par rapport aux six critères. Cette étape consiste à calculer la priorité des alternatives par rapport à chaque critère. Le processus de comparaison rapporte un rangement relatif des priorités. Les évaluations qualitatives sont transformées à des poids quantitatifs selon le degré d'influence des éléments de décision sur l'objectif du problème. Grâce au logiciel Expert Choice le calcul des priorités des alternatives du niveau 3 par rapport aux critères du niveau 2, a donné les résultats illustrés dans le tableau suivant.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Tableau IV. 6: Les matrices de jugement alternatives selon chaque critère.

| Risque relationnel et humain     |                             |                        |                            |                     |                                      |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| ALTERNATIVES                     | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation      | 1                           | 1                      | 1/2                        | 1/3                 | 15.10%                               |
| Changer le prestataire           |                             | 1                      | 5                          | 2                   | 42.60%                               |
| Ré-internaliser l'activité       |                             |                        | 1                          | 3                   | 23.60%                               |
| Continuer autrement              |                             |                        |                            | 1                   | 18.60%                               |
| Risque Financier                 |                             |                        |                            |                     |                                      |
|                                  | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation      | 1                           | 1                      | 1                          | 3                   | 27.50%                               |
| Changer le prestataire           |                             | 1                      | 1                          | 3                   | 27.50%                               |
| Ré-internaliser l'activité       |                             |                        | 1                          | 9                   | 37.80%                               |
| Continuer autrement              |                             |                        |                            | 1                   | 07.10%                               |
| Risque Technique                 |                             |                        |                            |                     |                                      |
|                                  | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation      | 1                           | 1/3                    | 1/2                        | 2                   | 15.70%                               |
| Changer le prestataire           |                             | 1                      | 2                          | 5                   | 48.30%                               |
| Ré-internaliser l'activité       |                             |                        | 1                          | 3                   | 27.20%                               |
| Continuer autrement              |                             |                        |                            | 1                   | 08.80%                               |
| Risque Social et Organisationnel |                             |                        |                            |                     |                                      |
|                                  | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation      | 1                           | 1                      | 1                          | 1/3                 | 18.30%                               |
| Changer le prestataire           |                             | 1                      | 2                          | 1                   | 28.30%                               |

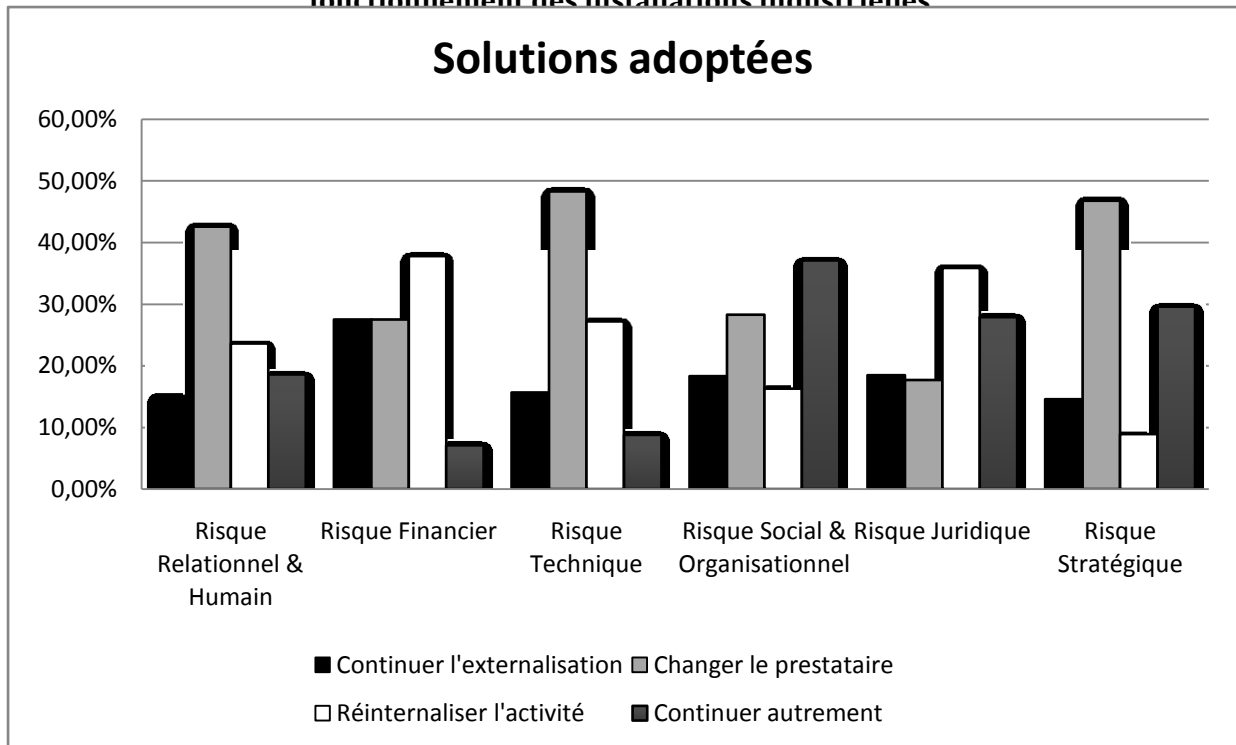
## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

|                             |                             |                        |                            |                     |                                      |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Ré-internaliser l'activité  |                             |                        | 1                          | 1/2                 | 16.30%                               |
| Continuer autrement         |                             |                        |                            | 1                   | 37.10%                               |
| <b>Risque Juridique</b>     |                             |                        |                            |                     |                                      |
|                             | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation | 1                           | 5                      | 1/5                        | 1/7                 | 18.50%                               |
| Changer le prestataire      |                             | 1                      | 1                          | 2                   | 17.70%                               |
| Ré-internaliser l'activité  |                             |                        | 1                          | 3                   | 35.90%                               |
| Continuer autrement         |                             |                        |                            | 1                   | 27.90%                               |
| <b>Risque Stratégique</b>   |                             |                        |                            |                     |                                      |
|                             | Continuer l'externalisation | Changer le prestataire | Ré-internaliser l'activité | Continuer autrement | <u>Priorités / Taux d'importance</u> |
| Continuer l'externalisation | 1                           | 1/3                    | 3                          | 1/4                 | 14.60%                               |
| Changer le prestataire      |                             | 1                      | 3                          | 3                   | 46.80%                               |
| Ré-internaliser l'activité  |                             |                        | 1                          | 1/3                 | 08.90%                               |
| Continuer autrement         |                             |                        |                            | 1                   | 29.60%                               |

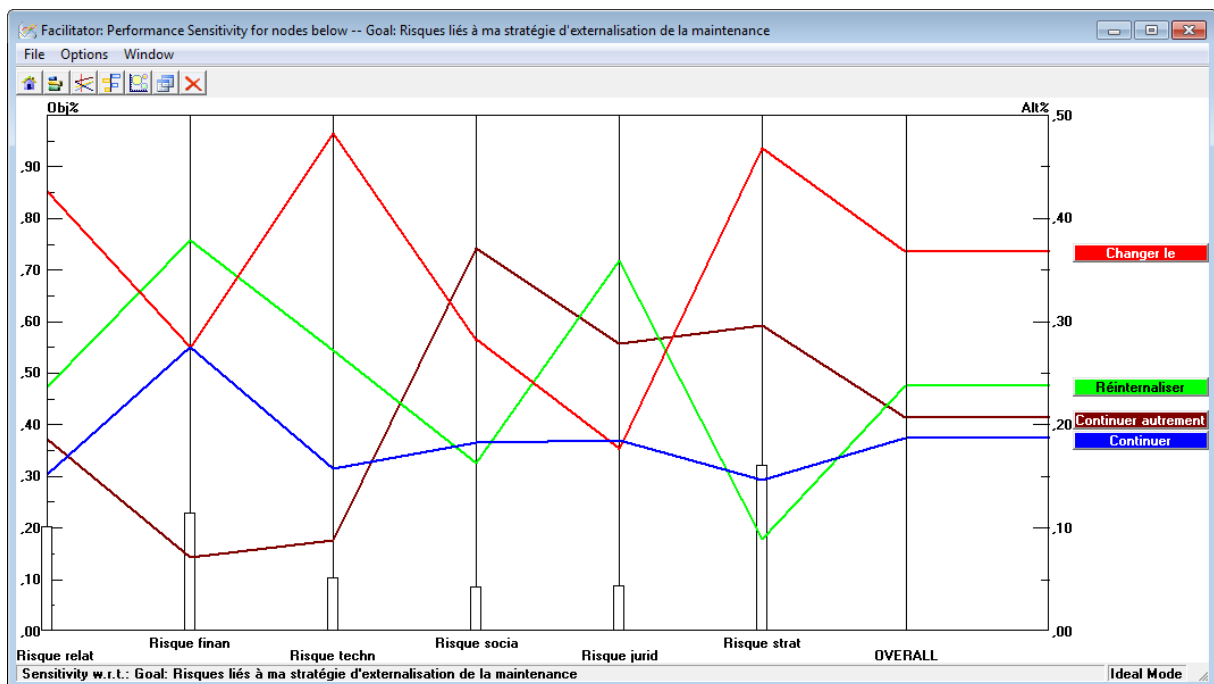
### 2.5. Analyse des résultats

Suite à une conjonction optimale entre les risques et les solutions proposées pour en remédier de notre étude, nous avons pu dégager les résultats transcrits dans la figure qui suit (Fig. IV.5).

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles



**Figure IV. 5: Classement des risques par rapport aux solutions proposées.**



**Figure IV. 6: Le graphe de la performance globale de la stratégie d'externalisation à adopter.**

La pérennité des entreprises externalisatrices des activités de maintenance dépend de leur stratégie à faire face aux différents risques d'outsourcing pouvant survenir. Dès lors, elles doivent être conscientes que lorsque les difficultés et les symptômes de défaillances commencent à surgir au niveau du plan d'action du service maintenance et du fonctionnement normal du service production, il serait difficile de mettre en œuvre un plan de sauvetage et de gérer en aval ces risques. Pour ce faire, elles doivent dépister suffisamment tôt ces risques et affronter, ainsi, avec succès les nombreux écueils qui jalonnent leurs parcours.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### *2.5.1. Elaboration du plan d'action pour la maîtrise des risques étudiés*

Dans ce qui suit, nous proposons une analyse détaillée des premiers résultats de l'étude accompagnée d'une liste d'actions préventives et correctives à mettre en œuvre afin de palier à chaque type de risque d'externalisation de maintenance.

#### **a) Risque relationnel et humain**

Les alliances sont des systèmes complexes, confrontés à l'incertitude classique de l'environnement et à celle plus spécifique liée au partenariat. Alors que l'alliance est souvent créée pour partager les risques, elle est elle-même génératrice d'un risque relationnel et humain.

Les résultats de notre enquête nous ont permis de constater que face à ce risque relationnel et humain, les entreprises externalisatrices optent pour changer de fournisseur.

##### **▪ Actions d'améliorations :**

Les dirigeants disposent d'une panoplie d'instruments de contrôle qu'ils combinent de manières diverses pour gérer les risques relationnels.

Delerue suggère que le contrôle relationnel revête un caractère dual : ce contrôle s'exerce à travers des instruments de type informel et/ou des instruments de type autonome. Une typologie des risques selon leurs modes de gestion conduirait en effet à définir [DELERUE, 2004]:

- Les risques « autonomes » gérés majoritairement et prioritairement par des moyens autonomes : les risques de rigidité aux changements, les risques de rigidité à la rupture, risque d'absorption ;
- Les risques « informels » gérés majoritairement et uniquement par les instruments informels reliés (plus précisément par le développement de la confiance) : le risque de dépendance lorsque le service maintenance représente au sein de l'entreprise un des piliers stratégiques (dimension influence), le risque d'incompréhension, le risque de conflit, le risque lié aux problèmes de coûts de gestion et de négociation ;
- Les risques « mixtes », gérés à la fois par les moyens informels et formels, que ces moyens soient autonomes ou conjoints: Le risque de dépendance (dimension négociation), le risque de comportement opportuniste, le risque de non appropriation, le risque lié aux problèmes de contributions et de rétributions.

Il peut aussi être utile d'indiquer les outils de gestion du risque relationnel au niveau des alliances et des partenariats lorsqu'il s'agit d'une externalisation partielle des activités de maintenance :

- ✓ Eviter la compétition : le risque de conflit est élevé dans les alliances entre rivaux.
- ✓ Définir soigneusement son ampleur : les bonnes frontières font les bons amis, même parmi les sociétés non directement concurrentes.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- ✓ Ne pas ignorer la maîtrise de l'alliance : une bonne définition de la structure de l'alliance avant sa conclusion et un ajustement continu après sont indispensables pour bâtir une relation constructive.
- ✓ Créer de multiples passerelles : c'est ce qui permet de tisser des relations entre les partenaires à plusieurs niveaux dans leur organisation respective.
- ✓ Ne pas faire confiance les yeux fermés : même s'il est bon et nécessaire que le courant passe bien, celui-ci ne remplace pas le contrôle des mécanismes ni les encouragements à la collaboration ni l'alignement organisationnel.
- ✓ Le succès commence chez soi : sans un mécanisme de soutien dans votre propre entreprise, vos alliances externes sont vouées à l'échec.
- ✓ Ne pas se fixer sur les côtés négatifs, mais voir les côtés positifs : les alliances malheureuses ne réalisent pas ce qu'elles avaient prévu de faire. En revanche, les alliances réussies vont au-delà de leurs objectifs initiaux.
- ✓ Garder une attitude coopérative de la part des deux parties prenantes.

### **b) Risque financier**

Le risque financier lié aux stratégies d'externalisation de la maintenance au Maroc soulève la question de la pérennité économique du prestataire. Certains marchés connaissent des vagues de nouveaux entrants attirés par une forte croissance, mais ils ne peuvent apporter les gages ni de l'ancienneté, ni de l'expérience accumulée. La potentialité d'un tel risque requiert alors une analyse poussée de la solidité financière du prestataire.

Dans notre étude, et face au risque financier, la ré-internalisation de l'activité de maintenance déjà externalisée apparaît comme la solution la plus aisée choisie par les entreprises externalisatrices questionnées.

#### **▪ Actions d'améliorations :**

Concernant les aspects liés aux coûts et à la rentabilité induits par l'externalisation, il est nécessaire d'adopter une approche comparative entre les coûts externes (coûts de la recherche des partenaires, de rédaction et de renégociation des contrats, coûts d'administration, de surveillance et de contrôle, coûts d'opportunités liés à l'immobilisation de certains actifs...) et les coûts internes (coûts de coordination générés par la gestion des activités qui sont aussi des coûts d'agence). Cette démarche qui permet la prise en compte des coûts cachés facilite l'arbitrage entre intégration et externalisation et se réfère à la théorie des coûts de transaction telle que développée par Williamson [WILLIAMSON, 1985].

Il est donc recommandé de :

- ✓ Réaliser des économies d'échelles et réduire les coûts moyens unitaires associés à la stratégie d'externalisation de la maintenance, au moins pour la phase de démarrage ;
- ✓ Contrôler le niveau d'endettement du prestataire ;
- ✓ Améliorer la capacité et les conditions de financement ;

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- ✓ Augmenter le pouvoir de négociation avec les prestataires de maintenance ;
- ✓ Obliger une planification parfaite des coûts de la part du prestataire afin de maîtriser le risque relié à la croissance des divers coûts adjacents du partenariat.

### **c) Risque technique**

Le risque technique concerne la possibilité de perte de contrôle des actions de maintenance au sein de l'entreprise. Ce risque est lié également à la perte des connaissances et du savoir-faire interne. En effet, les illustrations sont nombreuses d'entreprises externalisatrices ayant subies ce risque.

La perception d'une perte de contrôle est une donnée relativement forte, de surcroît souvent associée à des doutes concernant la réalité des compétences du prestataire.

De plus, pour le personnel qui conduisait jusqu'à présent ces actions, le fait de ne plus les réaliser soi-même conduit à une dégradation progressive du savoir-faire c'est-à-dire des connaissances scientifiques, techniques, procédurales ou déclaratives. Le danger est accentué quand le domaine concerné est soumis à des évolutions technologiques fréquentes.

Face à ce risque technique, les entreprises de notre étude optent pour la continuation d'externaliser normalement. Mais, tout de même nous avons prévu des précautions afin d'éviter ou de minimiser ce risque

#### **▪ Actions d'améliorations :**

Bon nombres de directives existent à cet effet :

- ✓ Le maintien des compétences techniques clés et de haut niveau au sein de l'entreprise externalisatrice ;
- ✓ L'avant-gardisme technologique des solutions mises en œuvre ;
- ✓ Donner de l'importance à la phase d'élaboration du cahier des charges : le cahier des charges devient pour le prestataire le seul moyen de contrôle et de pression ;
- ✓ Renforcer et pratiquer des visites de contrôle sur les sites des prestataires ;
- ✓ Focaliser l'organisation sur les compétences centrales ;
- ✓ Les synergies de compétences permettent de dégager des axes nouveaux de recherche et développement
- ✓ Assigner une équipe de pilotage pour le contrôle des activités de maintenance externalisées.

### **d) Risque social et organisationnel**

Une externalisation de maintenance accompagnée du transfert de personnels occasionne fréquemment des tensions sociales. L'opposition des agents de maintenance peut aussi être levée. Dans ce cas, le personnel transféré chez le prestataire obère le climat de l'opération. Cela pénalise l'opération de manière rampante (baisse de la productivité, démotivation, absentéisme...).

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

En fait, le succès d'une externalisation de maintenance repose en partie sur la bonne gestion des aspects humains et organisationnels.

Pour palier au risque social et organisationnel, les entreprises donneuses d'ordres enquêtées choisissent de changer de fournisseurs.

### **▪ Actions d'améliorations :**

Les actions qui peuvent être mises en œuvre à cet égard sont :

- ✓ Anticiper la dimension « ressources humaines », notamment dans sa dimension contractuelle ;
- ✓ Travailler avec le prestataire sur la gestion du risque social en traitant du redéploiement des agents de maintenance internes, du développement de l'activité dans le cadre du contrat et hors du contrat.
- ✓ Rendre le système de gestion des ressources humaines plus flexible et ouvert pour une bonne gestion des aspects humains surtout sur le plan de la communication.
- ✓ Assurer un partage, une implication et un investissement fort dans les ressources humaines internes externes, car ces dernières sont la source d'un avantage compétitif indéniable.
- ✓ Comprendre les motivations, les objectifs et l'environnement économique du donneur d'ordre par le prestataire ;
- ✓ Définir explicitement le périmètre et le contenu de l'externalisation par le responsable du service maintenance ou le directeur technique avant contractualisation.
- ✓ Augmenter le pouvoir de négociation avec les prestataires.

### **e) Risque juridique**

Le recours à l'externalisation de la maintenance se banalise, et les entreprises semblent trop souvent perdre de vue les risques juridiques inhérents à une telle opération. Il convient notamment de ne pas oublier que le facteur humain y occupe une place prépondérante.

Face au risque juridique, le choix des entreprises s'est focalisé sur le de changement de fournisseur.

### **▪ Actions d'améliorations :**

Les actions préventives existantes sont :

- ✓ Mesurer les risques civils et pénaux encourus en cas de recours à du personnel extérieur à l'entreprise (personnel de la part du prestataire) ;
- ✓ Apprécier les difficultés juridiques soulevées par ce type d'opération ;
- ✓ Sécuriser juridiquement les contrats d'externalisation de maintenance ;
- ✓ Améliorer la qualité du formalisme juridique du contrat d'externalisation de maintenance ;

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- ✓ Se focaliser sur l'exhaustivité du contrat : le contrat doit être le plus précis possible pour protéger l'entreprise externalisatrice. Plus il est dense et précis, plus le contrat permettra d'assurer de la performance du prestataire.

### **f) Risque stratégique**

Le risque stratégique auquel les entreprises clientes et les prestataires de maintenance sont confrontées provient de l'incertitude liée à leurs environnements technologique, concurrentiel et commercial. Ce qui fait qu'elles ne sont jamais sûres du rendement d'une impulsion stratégique donnée, tel qu'un investissement dans une nouvelle usine ou chantier de maintenance.

#### **▪ Actions d'améliorations :**

Les risques stratégiques changent avec les conditions du marché. Il est donc important que les entreprises, souhaitant externaliser des activités de maintenance, adoptent une vision stratégique des risques auxquels elles sont confrontées et s'assurent que leurs plans évoluent avec le contexte économique actuel. La tâche revient ici essentiellement aux dirigeants d'entreprises qui doivent :

- ✓ Suivre de près les implications stratégiques des évolutions survenant sur le marché ;
- ✓ Faire preuve de créativité et d'innovation ;
- ✓ Mettre à jour les opportunités de croissance de la valeur et des procédures des interventions de maintenance ;
- ✓ Le choix de l'externalisation de maintenance doit résulter d'une décision longuement réfléchie pour limiter l'irréversibilité ;
- ✓ Eviter les prestataires peu qualifiés ou peu renommés.

### **2.5.2. Synthèse**

A ce stade de l'étude, nous sommes passés d'observations sur le terrain des différents risques qui dégradent une stratégie d'externalisation de la maintenance grâce à une logique inductive. En nous référant à ces faits établis par l'observation, nous avons proposé des résultats visant à prédire le choix que peut adopter toute entreprise externalisatrice des activités de maintenance se trouvant face aux risques d'outsourcing.

Dès lors, pour asseoir la validité de ces connaissances produites, nous allons nous inspirer de la logique déductive qui conclut à partir de prémisses à des prédictions et explications afin de compléter ce travail dans nos recherches futures.

A cet effet, nous considérons les connaissances collectées à ce stade de l'étude comme étant une base de cas sur laquelle reposera la prise de décision des nouvelles entreprises externalisatrices. Ceci permettra de résoudre à chaque fois un nouveau problème par remémoration d'une situation précédente similaire et en réutilisant l'information et la connaissance de cette situation.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **3. Conclusion**

Dans l'étude qui porte sur les conséquences liées à l'adoption des stratégies d'externalisation de la maintenance industrielle, nous avons utilisé la méthode d'aide à la décision multicritères. Cette méthode facile à comprendre et à appliquer, est utilisée fréquemment par les chercheurs et les praticiens afin de faciliter la prise de décisions.

Dans ce cadre, notre but est de proposer une matrice multicritères des risques qui s'adapte à la démarche d'externalisation de la maintenance.

Le but est d'apporter une aide à la décision et à la réorientation des dits donneurs d'ordres souhaitant externaliser leurs services maintenance et de proposer des opportunités d'adaptation pertinentes selon leurs besoins stratégique et compétitif, permettant de faire évoluer l'organisation dans ses objectifs d'adoption des stratégies d'externalisation.

Cet éventail de critères et d'alternatives est ensuite soumis à une vingtaine d'experts nationaux de divers secteurs d'activités du tissu industriel, à travers des entretiens. Les données collectées, nous ont permis d'accorder chaque risque à une phase précise selon son niveau d'appartenance.

Toutefois, la matrice conçue précédemment, au profit des entreprises externalisatrices des activités de maintenance à ce stade pourrait ne pas être suffisante comme étant une démarche de capitalisation des connaissances et qui demandait à être complétée, dans la mesure où l'on pouvait considérer la multitude des risques qui peuvent apparaître lors d'une externalisation de la maintenance. Pour cette raison, nous prévoyons dans nos futures recherches une classification de ces risques.

La dite classification, sera selon un ordre de priorité opérationnelle, tactique et stratégique afin de proposer une démarche modèle comme étant une simple démarche de capitalisation des connaissances, qui va être complétée par une proposition des plans d'actions adaptables à chaque type d'entreprise pour servir comme outil d'aide à la décision pour des donneurs d'ordre, et basé sur des approches pratiques et inductives.

## **Chapitre V : MODELISATION D'UN SYSTEME DE PILOTAGE DES PRESTATIONS DE MAINTENANCE**

---

# **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

## **1. Introduction**

Le responsable du service maintenance, s'il veut pouvoir assumer sa fonction dans les meilleures conditions, doit avoir à sa disposition un certain nombre d'outils lui permettant tant d'appréhender le fonctionnement de son activité au quotidien que d'anticiper et de se projeter dans l'avenir. L'ensemble de ces indicateurs peut être regroupé de manière synthétique dans un tableau de bord.

En outre, le pilotage de la maintenance ne nécessite pas nécessairement l'utilisation de systèmes d'information sophistiqués (même s'ils peuvent parfois constituer une aide précieuse), mais se caractérise avant tout par le suivi en routine d'indicateurs simples, peu coûteux à produire, dont la signification opérationnelle est partagée par tous les acteurs internes et externes, et dont la mesure permet d'approcher l'efficacité des actions mises en œuvre.

À l'instar d'un certain nombre d'activités « support » des entreprises industrielles, la maintenance souffre de lacunes plus ou moins grandes en matière de pilotage. Or, ce dernier permet d'assurer une maîtrise de son activité et de sa performance, une évaluation de la pratique en interne et une communication institutionnelle :

- Mesurer sa performance: vérifier que le niveau de prestation délivré par les fournisseurs des services de maintenance est conforme à ce que sont en droit d'attendre les différentes unités de l'entreprise ;
- Maîtriser ses « process » : contrôler et optimiser ses procédures, méthodes et pratiques internes afin de garantir un fonctionnement optimal du service ;
- Communiquer avec l'institution : valoriser l'activité de maintenance et sa contribution au fonctionnement global de l'établissement.

## **2. Elaboration du tableau de bord de suivi de la performance des activités de maintenance externalisée**

Comme pour toute activité industrielle, le fonctionnement de l'activité de maintenance externalisée peut difficilement se concevoir sans pilotage. Le pilotage permet en effet d'assurer une maîtrise de l'activité et de sa performance, une évaluation du rendement des prestataires en interne, une communication institutionnelle ainsi que des éléments de choix stratégiques pour les orientations du service. La notion de pilotage du service de la maintenance est déclinée en deux éléments principaux :

- les tableaux de bord : le pilotage repose en premier lieu sur le suivi en routine d'indicateurs simples, peu coûteux à générer, dont la signification opérationnelle est partagée par tous les acteurs. Ce suivi doit permettre au manager d'évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre par le prestataire des activités de maintenance et de réagir en temps réel à la variation de ces indicateurs ;
- la stratégie d'internalisation/externalisation : à l'instar d'autres activités n'entrant pas dans le « cœur de métier » de l'entreprise cliente, la maintenance peut être assumée

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

pour partie par des prestataires extérieurs. Parfois envisagés comme une solution « de facilité », les choix d'externalisation doivent être mûrement réfléchis, évalués, anticipés et accompagnés.

Alors, le responsable maintenance de l'entreprise cliente, s'il veut pouvoir assumer sa fonction dans les meilleures conditions, doit avoir à sa disposition un certain nombre d'outils lui permettant tant d'appréhender le fonctionnement des interventions de maintenance de ses prestataires au quotidien que d'anticiper et de se projeter dans l'avenir. L'ensemble de ces indicateurs peut être regroupé de manière synthétique dans un tableau de bord.

En outre, le pilotage des prestations de maintenance ne nécessite pas nécessairement l'utilisation de systèmes d'information sophistiqués (même s'ils peuvent parfois constituer une aide précieuse), mais se caractérise avant tout par le suivi en routine d'indicateurs simples, peu coûteux à produire, dont la signification opérationnelle est partagée par tous les acteurs et dont la mesure permet d'approcher l'efficacité des actions mises en œuvre.

### ***2.1.Objectifs***

À l'instar d'un certain nombre d'activités « support » des établissements de santé, la maintenance hospitalière souffre de lacunes plus ou moins grandes en matière de pilotage. Or ce dernier permet d'assurer une maîtrise de son activité et de sa performance, une évaluation de la pratique en interne et une communication institutionnelle :

- Mesurer sa performance : vérifier que le niveau de prestation délivré par le service technique est conforme à ce que sont en droit d'attendre les différentes unités de l'établissement ;
- Maîtriser ses « process » : contrôler et optimiser ses procédures, méthodes et pratiques internes afin de garantir un fonctionnement optimal du service ;
- Communiquer avec l'institution : valoriser l'activité de maintenance et sa contribution au fonctionnement global de l'établissement.

### ***2.2.Choix des indicateurs de performance***

#### ***2.2.1. Délai d'intervention***

C'est le temps entre la demande d'intervention et la prise en charge effective du problème par le service technique (présence sur place des agents ou diagnostic à distance avec le service concerné). Nous pouvons obtenir les données nécessaires pour le calcul de cet indicateur à partir de l'exploitation des bons de maintenance ou les déclaratifs des agents, d'une manière hebdomadaire, mensuelle ou trimestrielle.

- **Les enjeux associés :**
  - Pouvoir piloter les activités de maintenance externalisées ;
  - Se rapprocher des services rendus par les prestataires de maintenance.
- **Formule de calcul :**

|                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Délai d'intervention (h/j)} = \frac{\Sigma (\text{Prise en charge effective} - \text{Demande d'intervention})}{\text{Nombre d'interventions}}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Exemple 1

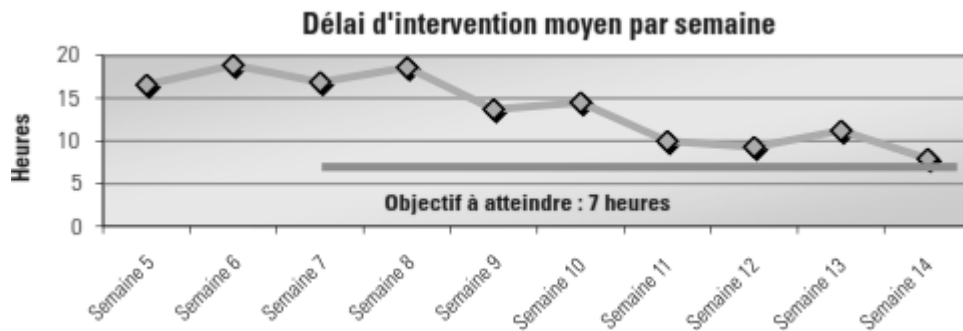


Figure V. 1: Exemple 1. Illustration de l'indicateur de délai d'intervention.

Exemple 2



Figure V. 2: Exemple 2. Illustration de l'indicateur de délai d'intervention.

Les informations issues de cet indicateur peuvent être exploitées par les services techniques de l'entreprise clientes ou ceux des prestataires afin d'améliorer le niveau de collaboration.

Il peut être intéressant de dissocier dans la mesure de cet indicateur les différents niveaux de réactivité éventuellement définis au sein de l'établissement. Par exemple :

- ✓ Niveau 1 (urgence vitale) : pas de pertinence de mesure ;
- ✓ Niveau 2 (grosses nuisances) : mesure + objectif de délai d'une journée ;
- ✓ Niveau 3 (difficultés de fonctionnement) : mesure + objectif de délai d'une semaine.

### 2.2.2. Temps de remise en service

Le temps entre la prise en charge effective du problème par le service technique du prestataire (présence sur place des agents ou diagnostic à distance avec le service concerné) et la remise en service (réparation définitive ou palliative). Le recueil de ses informations se fait à partir des déclaratifs du prestataire, systématiquement suivant un calendrier convenable en fonction de l'importance des interventions.

- **Les enjeux associés :**
  - Afin de valoriser les interventions des agents de maintenance ;
  - Se rapprocher des services rendus par les prestataires de maintenance.
- **Formule de calcul :**

$$\text{Temps de remise en service (h/j)} = \frac{\Sigma (\text{Temps de Prise en charge effective})}{\text{Nombre d'interventions}}$$

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Exemple 3

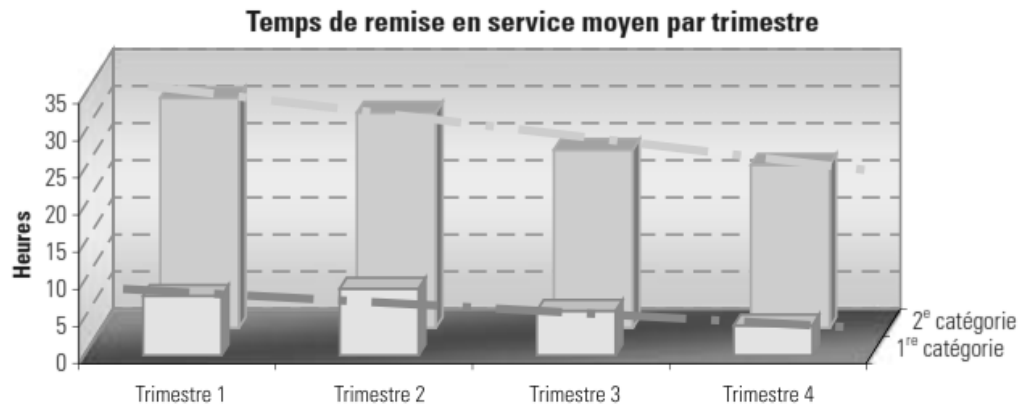


Figure V. 3: Illustration de l'indicateur de temps de remise en service.

Parmi les services concernés par la mesure et les résultats de cet indicateur, nous trouvons :

- ✓ Services techniques ;
- ✓ Services clients (Production, Qualité ...)

Il peut être intéressant de dissocier dans la mesure de cet indicateur les différents corps de métiers ou types de compétences concernés par l'intervention. Par exemple :

- ✓ 1<sup>ère</sup> catégorie : entretien courant et périodique simples;
- ✓ 2<sup>ème</sup> catégorie : réparations et renouvellements

### 2.2.3. Délai global de prise en charge

Le temps entre la demande d'intervention et la remise en service (réparation définitive ou palliative). Cet indicateur a comme objectif principal, d'évaluer le rapprochement entre les services clients et les prestataires pour donner un indice d'intégration des interventions des derniers, périodiquement (semaine, mois ou trimestre).

- **Formule de calcul :**

$$\text{Délai global de prise en charge (h)} = \Sigma (\text{Prise en charge effective} + \text{Temps de remise en service})$$

Exemple 4

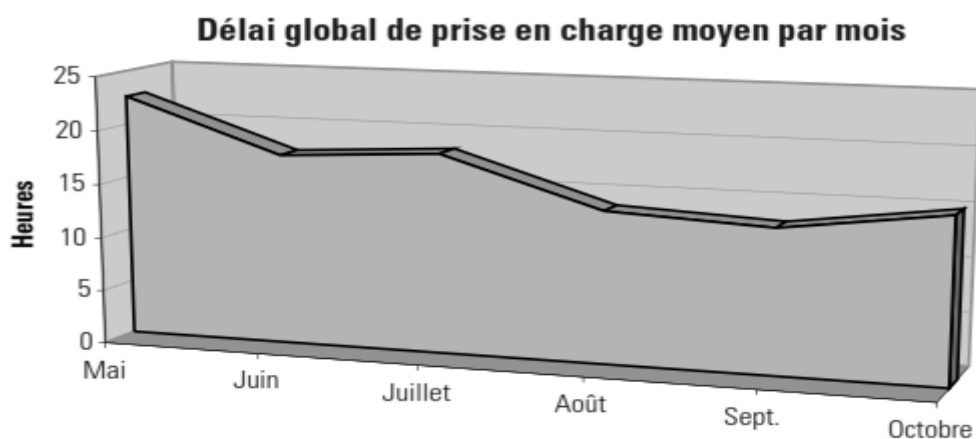


Figure V. 4: Illustration de délai global de prise en charge.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

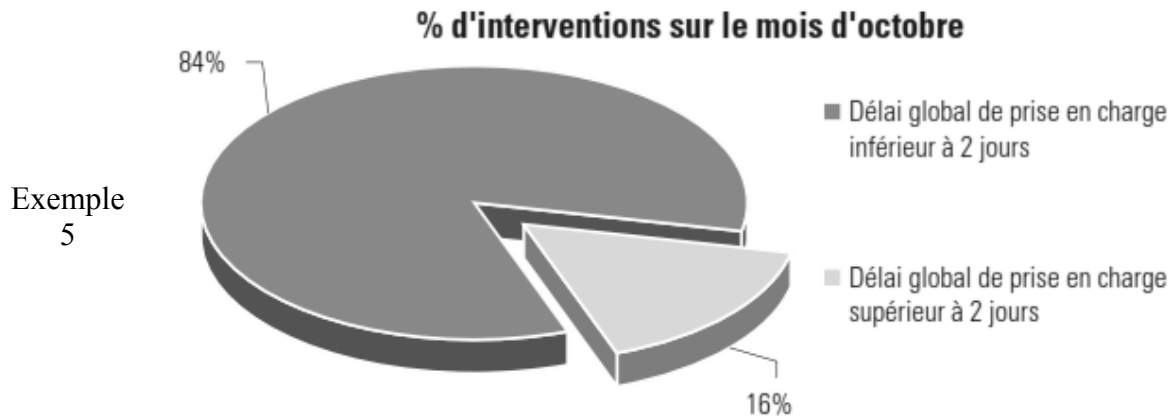


Figure V. 5: Illustration des interventions.

Cet indicateur englobe à la fois le délai d'intervention, qui peut être amélioré par un certain nombre de leviers organisationnels, ainsi que le temps de remise en service qui, lui, dépend d'autres paramètres, tels que la disponibilité des stocks, le niveau de compétence des agents prestataires... Ainsi, cet indicateur est trop « macro » pour apporter une aide probante au responsable des services techniques dans le pilotage de son activité. En revanche, il constitue un réel vecteur de communication institutionnel sur l'activité de maintenance au sein de l'établissement, entre ses services et ainsi pour le suivi des prestations externalisées.

### 2.2.4. Taux de sollicitations non conformes

Le pourcentage de sollicitations du service technique qui compliquent l'intervention par une non-conformité. Cet indicateur, comme le précédent, sert à se rapprocher des services de l'entreprise cliente. Dans ce cas, les mesures doivent se faire périodiquement et régulièrement.

- **Formule de calcul :**

$$\text{Taux de sollicitations non conformes (\%)} = \frac{\Sigma (\text{Nombre de sollicitations non conformes})}{\text{Nombre de sollicitations}}$$

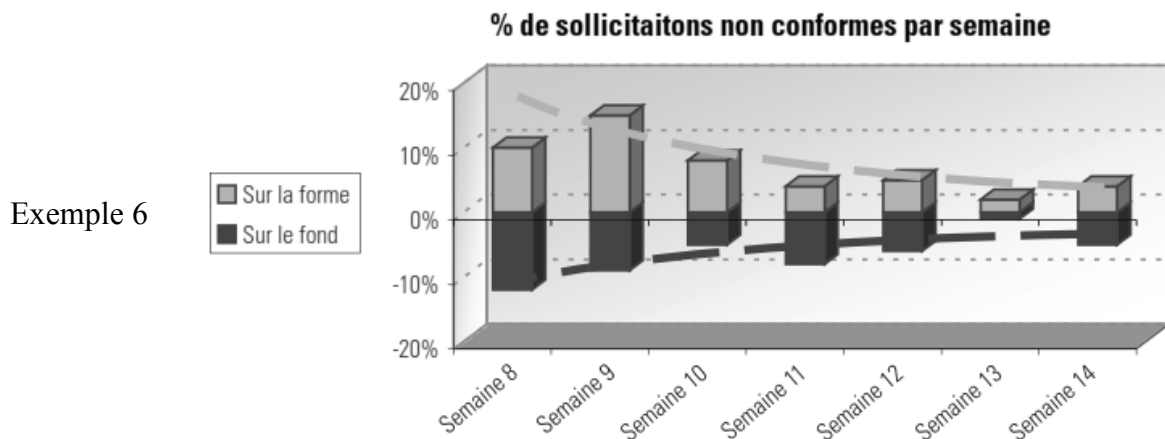


Figure V. 6: Illustration des sollicitations non conformes.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Il peut être intéressant de dissocier dans la mesure de cet indicateur les différents types de non-conformités retenues par l'entreprise cliente. Par exemple :

- ✓ **Sur la forme** : demande par téléphone et non par bon... ;
- ✓ **Sur le fond** : mauvaise évaluation du degré d'urgence, manque d'information sur la localisation de la panne...

D'autres critères de non-conformité devront être définis selon les spécifications des entreprises externalisatrices.

### *2.2.5. Répartition : Préventif / Curatif / Travaux*

La répartition de l'activité du service technique entre les 3 principales catégories d'interventions : la maintenance préventive, la maintenance curative et les travaux. Pour un suivi rigoureux et analytique des trois catégories, nous proposons l'indicateur suivant qui servira comme un outil d'aide à la prise de décisions stratégiques.

- **Les enjeux associés :**
  - Pilotage spécifique de chaque catégorie de maintenance assurée par le prestataire ;
  - Contribution à l'élaboration du planning des interventions préventives.
- **Formule de calcul :**

**Répartition P/C/T (Nbr) =**

**$\Sigma$  (Nombre d'interventions selon les 3 catégories)**

Catégorie 1 : Maintenance Préventive

Catégorie 2 : Maintenance curative

Catégorie 3 : Travaux

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Exemple 7

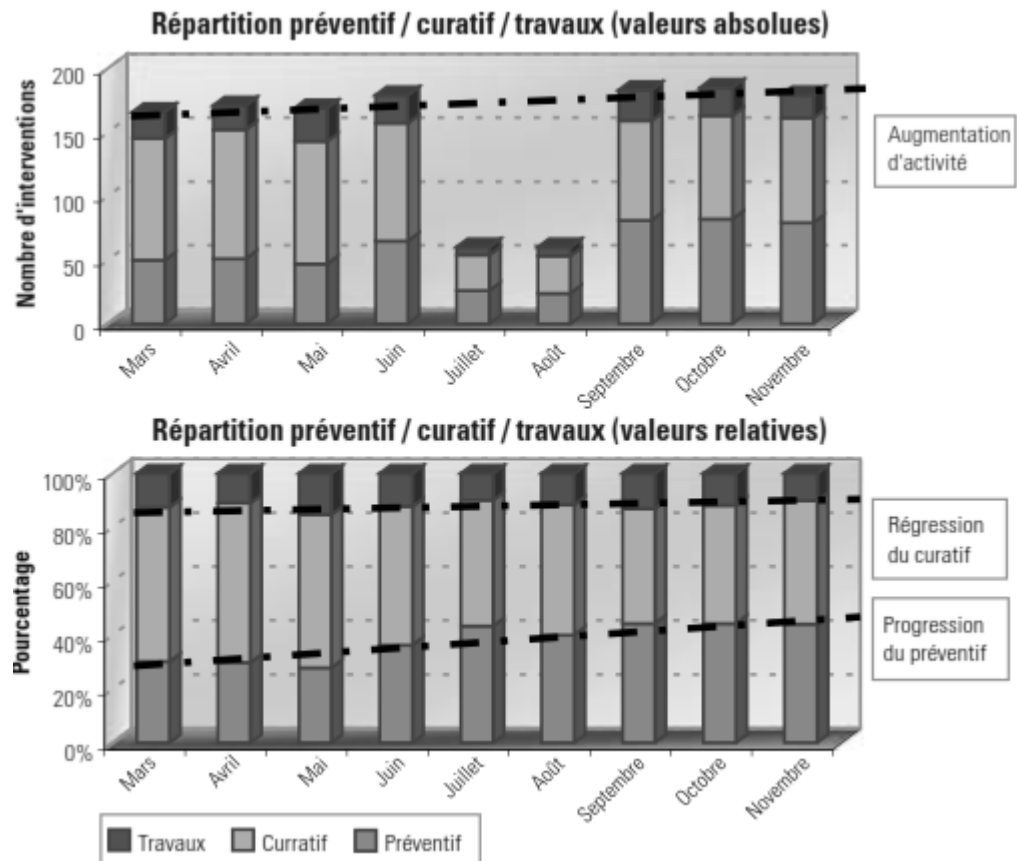


Figure V. 7: Illustration des répartitions des travaux préventifs et curatifs.

Cet indicateur, se basant sur le simple nombre d'interventions, est perfectible: chaque intervention pourrait en effet être pondérée par sa durée, cette dernière pouvant également être valorisée financièrement tant par l'interruption de service qu'elle a entraînée que par la mobilisation des agents qu'elle a provoquée, auxquelles pourrait être additionné le prix des éventuelles pièces détachées utilisées pour l'intervention... Néanmoins, le coût de production d'un indicateur complet et exhaustif sur ce sujet serait tel qu'il ferait perdre de vue l'objectif premier de la démarche : suivre en routine un indicateur « signal » d'une dérive des pratiques dans un sens ou dans un autre. À ce titre, le simple suivi du nombre d'interventions semble bien suffisant, afin de juger la décision d'externalisation des activités liées à ses interventions.

### 2.2.6. Les contrôles réglementaires

La levée régulière des contrôles réglementaires qui ont pu être émises par tel ou tel organisme (contrôle, accréditation...), servent à améliorer la qualité des services techniques de l'entreprise externalisatrice et aussi pour augmenter le niveau de collaboration avec les prestataires, grâce à des contrôles rigoureux et réguliers. Afin de faciliter la communication avec les institutions de certification.

- **Les enjeux associés :**

- Pilotage de la qualité des prestations ce qui permet à l'entreprise à se recentrer sur les activités productives ;

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

- Valorisation des compétences internes à travers le transfert des bonnes pratiques de maintenance.
- **Formule de calcul :**

$$\text{Levée des contrôles techniques (NI)} = \Sigma (\text{Nombre de réserves levées})$$

Exemple 8

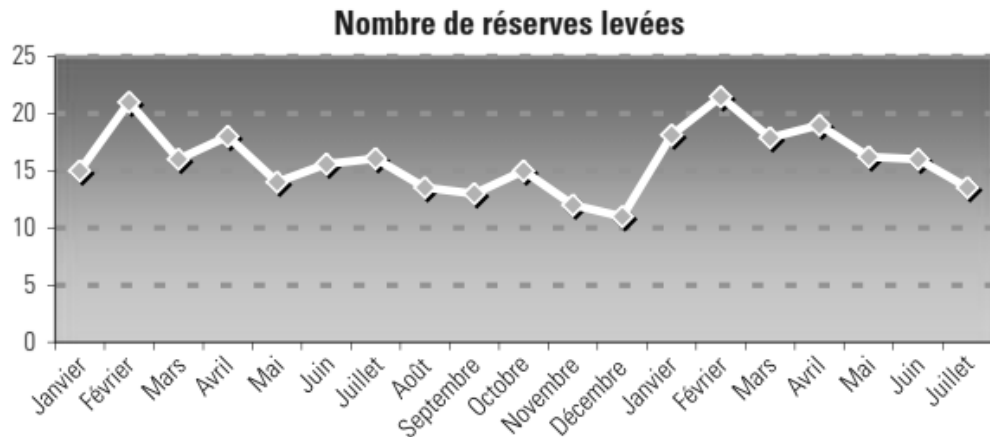


Figure V. 8: Illustration de nombre de réserves 1.

Exemple 9

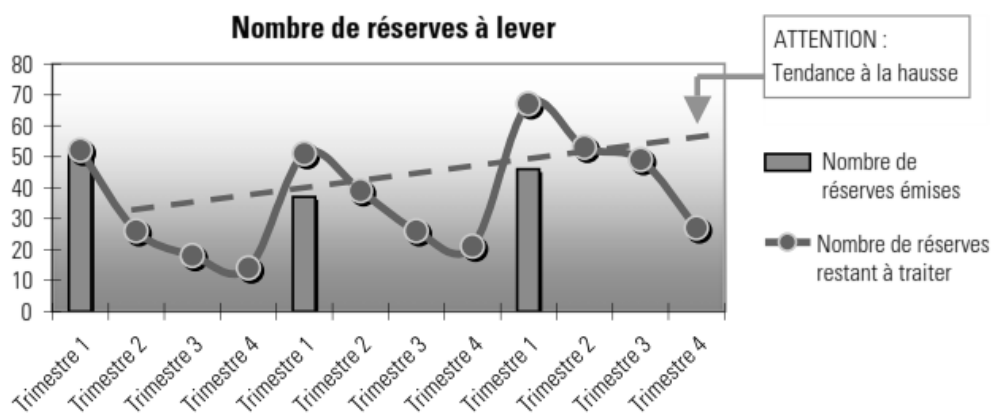


Figure V. 9: Illustration de nombre de réserves1.

Les évolutions réglementaires ainsi que les cycles de vie des matériels font que les contrôles (réserves) sont inévitables, et se fixer un objectif de 0 réserve n'est pas réaliste. En revanche, le responsable des services techniques aura à cœur de prendre en compte et de traiter les réserves émises de manière continue et régulière, afin que ces dernières ne se cumulent pas avec de nouvelles réserves qui pourraient être issues d'un nouveau contrôle, et ainsi de suite...

### 2.2.7. Niveau de qualité des prestataires

Analyse du niveau de qualité des interventions des prestataires externes selon un certain nombre de critères prédéfinis, aide le donneur d'ordre à prendre les bonnes décisions au bon moment par rapport l'avenir de son entreprise avec le prestataire en question, pour une amélioration continue du niveau des prestations effectuées avec la tendance et les objectifs stratégiques de l'entreprise externalisatrice.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

- **Mode de calcul :**

Niveau de qualité d'un prestataire =  $\sum$  (Scores selon 4 critères)

critère 1 : prise de rendez-vous préalable dans le délai imparti ;

critère 2 : respect de la procédure d'accès à l'équipement ;

critère 3 : respect des consignes de tranquillité ;

critère 4 : respect des périodicités contractuelles.

**Pour chaque critère :**

score 0 : ne respecte pas ;

score 1 : respecte très partiellement ;

score 2 : respecte convenablement ;

score 3 : respecte totalement.

Exemple 10

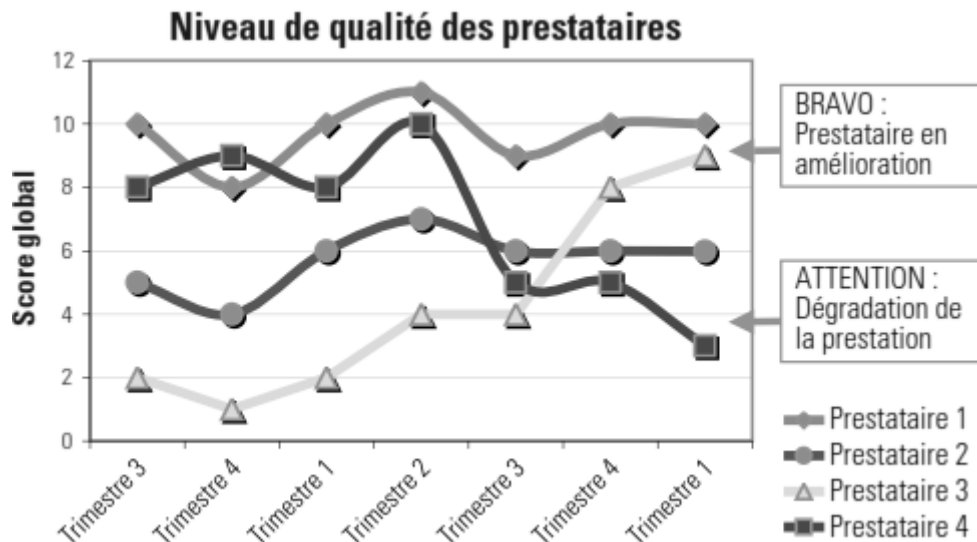


Figure V. 10: Illustration de niveau de qualité des prestataires.

Cet indicateur permet d'apprécier la qualité de la prestation d'un intervenant externe, et objectiver ainsi d'éventuels problèmes ou dérives. Ce dernier constitue donc un véritable outil de pilotage opérationnel : néanmoins, il est entendu que le pilotage « stratégique » de l'activité de maintenance (choix des secteurs éventuellement à externaliser ou internaliser, choix des prestataires...) doit intégrer beaucoup d'autres critères (coût de la prestation, pratiques « historiques » de l'établissement, spécificités du tissu industriel local...).

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **3. Conception du Système Informatique d'Aide à la Décision**

Après une première étape de formalisation du problème de risques liés aux stratégies d'externalisation, qui a servi de base à développer une démarche de capitalisation des connaissances adaptée aux besoins du domaine d'externalisation, notre objectif lors de ce chapitre se situe au niveau de la proposition d'un système d'aide à la prise de décision d'adoption, d'adaptation et de réorientation des nouvelles entreprises externalisatrices. En effet, la démarche de capitalisation des connaissances appliquées demande à être complétée par les phases de valorisation et d'actualisation du cycle.

Cette dernière partie de la thèse, aborde la méthode choisie pour la manipulation des connaissances et de la base des cas précédemment présentés : le Raisonnement à Partir de Cas. Notre domaine d'application est un système de résolution de problèmes où les solutions de nouveaux problèmes sont dérivées en utilisant les solutions déjà connues comme des guides.

La résultante de ce travail sera une interface de l'application qui permettra de divulguer aux futurs utilisateurs les résultats d'analyse en se basant sur un Système Interactif d'Aide à la Décision. Sur la base de ces résultats les entreprises externalisatrices auront la possibilité de se munir contre les différents risques d'externalisation en optant pour l'alternative adéquate à leurs contextes.

A ce jour, à notre connaissance, cette classification des risques de l'externalisation accolée à une exhibition des alternatives adéquates à chaque type de risque, est sans précédent. En effet, cette recherche s'avère être la première relevant du domaine de la gestion des risques de l'outsourcing consolidée par une exposition des modes d'adaptation aux périls de cette stratégie. Elle a été soumise pour publication.

#### ***3.1. Raisonnement à partir de cas***

Les objectifs spécifiques de notre travail visent à guider les futurs candidats à l'externalisation des activités de maintenance afin d'éviter les risques qui lui sont afférents. Pour cela, il s'agit de proposer aux donneurs d'ordres un outil d'aide à la décision pour tracer et rendre compréhensible les actions d'amélioration et de prévention des risques potentielles face à l'adoption des stratégies d'externalisation.

A cet effet, il s'agit de raisonner à partir d'expériences rencontrées pour résoudre les nouveaux problèmes auxquels on est confronté. Le raisonnement, tel qu'on le comprend en Intelligence Artificielle concerne la manipulation de la connaissance déjà acquise pour produire une nouvelle connaissance. Pour un système intelligent, le raisonnement est en général dirigé par un but que l'on veut atteindre pour résoudre un problème ; ainsi, les mécanismes de raisonnement dirigés par un but ne déduisent pas toutes les connaissances mais seulement les connaissances significatives pour le but. Différents mécanismes de raisonnement sont utilisés en Intelligence Artificielle pour produire des connaissances nouvelles. Ainsi, un système peut s'appuyer sur un raisonnement logique, qualitatif, par déduction, par analogie, par induction, par abduction, etc.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Dans ce qui suit, nous nous plaçons dans le cadre d'un cas particulier du raisonnement par analogie à savoir : le raisonnement à partir de cas. Et plus particulièrement, nous nous situons dans le cas des systèmes de résolution de problèmes qui est l'une des principales catégories du raisonnement à partir de cas. En effet, les systèmes de résolution de problèmes construisent des solutions à des problèmes nouveaux par adaptation de solutions de cas remémorés. Parmi les principales classes de problèmes, on peut citer les problèmes de diagnostic, d'aide à la décision, de conception et de planification.

Les systèmes de raisonnement à partir de cas peuvent être appliqués dans de nombreux domaines différents ainsi que sur les différents types de tâches à accomplir. Parmi les domaines les plus développés nous pouvons citer la médecine, le commerce, les services de consultation, la maintenance, le contrôle, l'analyse financière,...etc.

Dans notre cas de figure, le Raisonnement à partir de Cas est présenté comme une méthode utilisant les solutions d'expériences passées pour résoudre un nouveau problème bien adapté au domaine d'externalisation. Ce type de raisonnement met en jeu de nombreuses connaissances pour la mise en place des mécanismes nécessaires à la résolution de problèmes.

Lors de cette partie, il convient de décrire le problème et l'opérationnalisation du système à base de cas.

### ***3.2. Description des données du modèle***

- Les cas sources représentent les 20 entreprises étudiées au niveau du chapitre précédant. Pour chaque entreprise source il était question d'affecter pour chaque type de risque (critère) une pondération relative et de choisir l'alternative correspondante grâce à la méthode d'aide à la décision AHP. A partir de ces résultats nous avons pu obtenir notre base de cas constituée par un groupement de ces 20 entreprises externalisatrices.
- 1) Dans le cadre de l'application, un cas cible représente une nouvelle entreprise externalisatrice. La description de ce cas cible émane donc de notes attribuées par l'expert de cette dernière afin de traduire les risques proposés en grandeurs mesurables (pondération relative). Cette description sera menée, comme c'était le cas pour les cas sources, grâce à la méthode AHP et au traitement des données via le logiciel *Expert Choice*.

Lors de notre application industrielle, le nouveau cas est représenté par une société de production ayant pour vocation principale la production d'articles en plastique. Son système de production est intégré, elle est dotée d'un bureau d'études techniques équipé de moyens des plus performants en développement et conception assistés par ordinateur et d'un atelier pourvu de machines à commande numérique pour la fabrication de tout outillage nécessaire à la production.

Certifiée ISO 9001 depuis cinq ans, la société a pour objectif la qualité totale.

Depuis sa création, la société a réussi à développer un savoir faire pour répondre à toute demande, en matière d'articles spécifiques, en plus de ses produits standards.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

L'entreprise maîtrise aujourd'hui différents procédés de fabrication à savoir: le moulage, la fonderie par injection et en coquilles, l'extrusion et soufflage. Par ailleurs, elle externalise actuellement une de ces fonctions support à savoir la maintenance industrielle.

Ce choix d'outsourcing est dû à un manque de matériel et des agents de compétences pointues adéquats pour l'exécution, et surtout la réussite des interventions. De plus, externaliser les activités de maintenance lui revenait beaucoup moins cher que de la réaliser en interne.

### **3.3. Opérationnalisation du système à base de cas**

L'opérationnalisation du système à base de cas est sujette à la mesure de la cohérence entre les cas. Cette dernière permet d'ordonner les cas remémorés selon leur degré de ressemblance avec le cas à traiter.

La méthode des plus proches voisins est la méthode la plus habituellement utilisée. Elle compare la requête  $R$  avec un sous-ensemble de cas de la base de cas afin d'associer un score à chacun d'eux. Ce score est utilisé pour classer les cas par ordre de similarité afin de retourner le ou les cas les plus similaires. L'algorithme général de recherche se passe en plusieurs étapes :

- 1) Un préfiltrage de la base de cas fournit un ensemble  $S$  de cas potentiellement similaires à  $R$ . L'ensemble résultat doit être relativement petit tout en contenant le cas le plus similaire.
- 2) Idéalement en parallèle, pour chaque cas  $C \in S$  :
  - Les attributs communs à  $R$  et  $C$  sont déterminés. Soit  $A$  l'ensemble de ces attributs.
  - Pour chaque attribut  $a \in A$ , une fonction de similarité est calculée.
  - Un degré de similarité global est déterminé en pondérant les degrés de similarités dimensionnels (locales).
- 3) Classer les degrés de similarité et retourner le ou les cas les plus similaires à  $R$ .

L'évaluation de la similarité se fait critère par critère. Le calcul d'un degré de cohérence entre les cas de l'entreprise 1 (entreprise source) et l'entreprise 21 (entreprise cible), par exemple, s'obtient donc de la manière suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Sim}(\text{entreprise 1}, \text{entreprise 21}) \\ &= \sum_{i=1}^n (\text{critère}_i(\text{entreprise 1}) - \text{critère}_i(\text{entreprise 21}))^2 \end{aligned}$$

Lors de la recherche de la cohérence, tous les cas sont indexés au plus haut niveau de la mémoire, et la recherche est exhaustive car tous les cas sont examinés. Il en ressort pour conséquence que le temps d'exploration est proportionnel au nombre de cas de la base, à la complexité de la représentation du cas et donc de la mesure de cohérence.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Cette recherche des cas d'entreprises similaires consiste à comparer le nouveau cas de l'entreprise externalisatrice avec chaque cas des entreprises de la base alimentée continuellement. Un tri par ordre croissant des degrés de cohérence permet ensuite de faire ressortir les cas les plus similaires au cas de l'entreprise à traiter.

La mise en œuvre de cette application est la plus simple du point de vue de l'apprentissage. En effet, un nouveau cas d'entreprise externalisatrice vient simplement s'ajouter à la suite des autres lorsque sa solution est jugée convenable.

La figure qui suit récapitule les étapes citées ci-dessus :

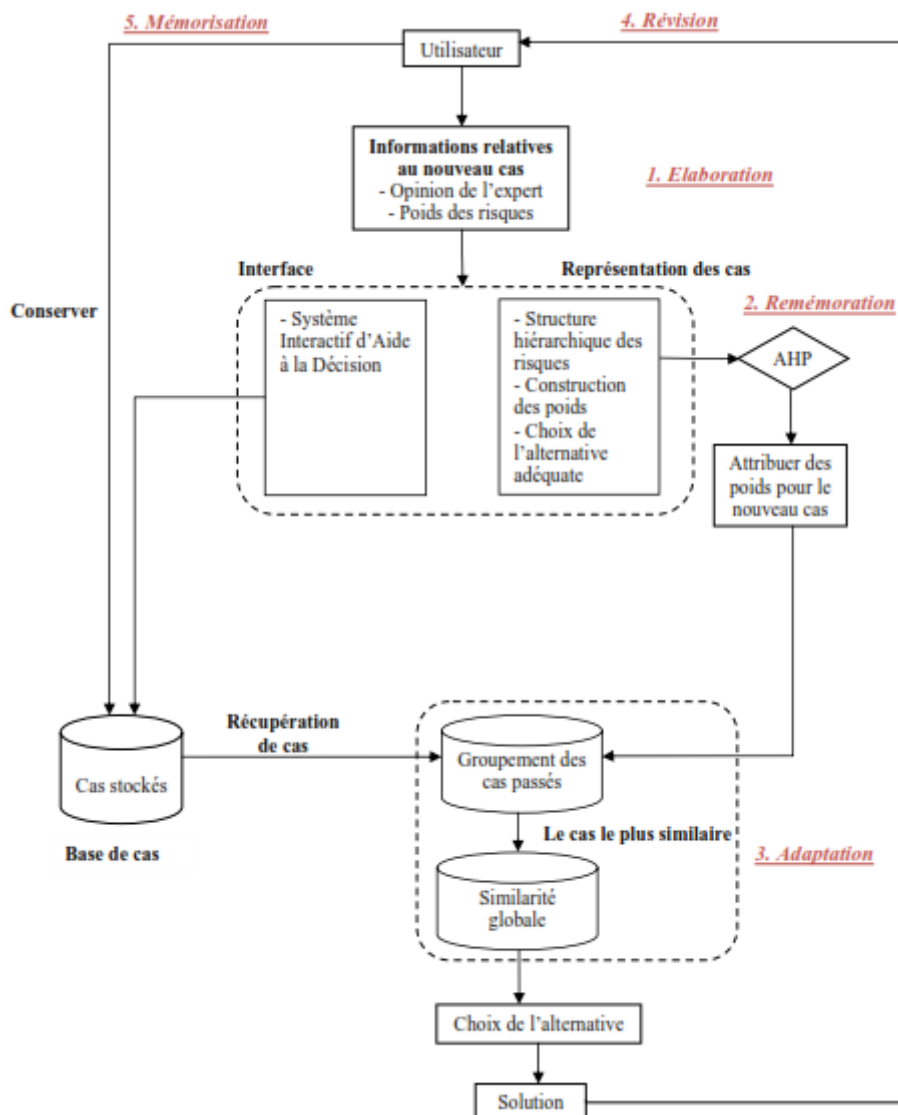


Figure V. 11: Modèle de raisonnement à partir de cas proposé pour l'adaptation face aux risques liés à l'externalisation de la maintenance.

### 3.4. Résolution du modèle CBR proposé

Suite à l'ampleur de ce travail, la résolution du modèle CBR proposé ci-dessus a été effectuée avec le logiciel *Microsoft Office Excel 2007*. Nous nous sommes contentés, dans un premier

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

temps, à incorporer et automatiser nos données au sein d'une ou plusieurs feuilles de calcul de Microsoft Excel. Ce choix est justifié en raison de sa simplicité relative à mettre en œuvre et sa rapidité quant à la vérification de la véracité des propos avancés. La résolution de notre problème suit le cycle de raisonnement à partir de cas. A cet effet, cinq étapes de résolution sont prévues.

### 3.4.1. L'élaboration du problème

Lors de cette phase du cycle de raisonnement à partir de cas, il s'agit de représenter l'ensemble des informations acquises sur le nouveau cas (ex. Entreprise 21). A cet effet, une requête recueillant les informations nécessaires au sujet du cas cible a été réalisée.

Les indices permettant de rechercher un cas similaire dans la mémoire des cas passés reflètent les poids des six critères associés au nouveau cas. Le tableau qui suit présente une esquisse de ces données reprises avec le logiciel *Expert Choice*.

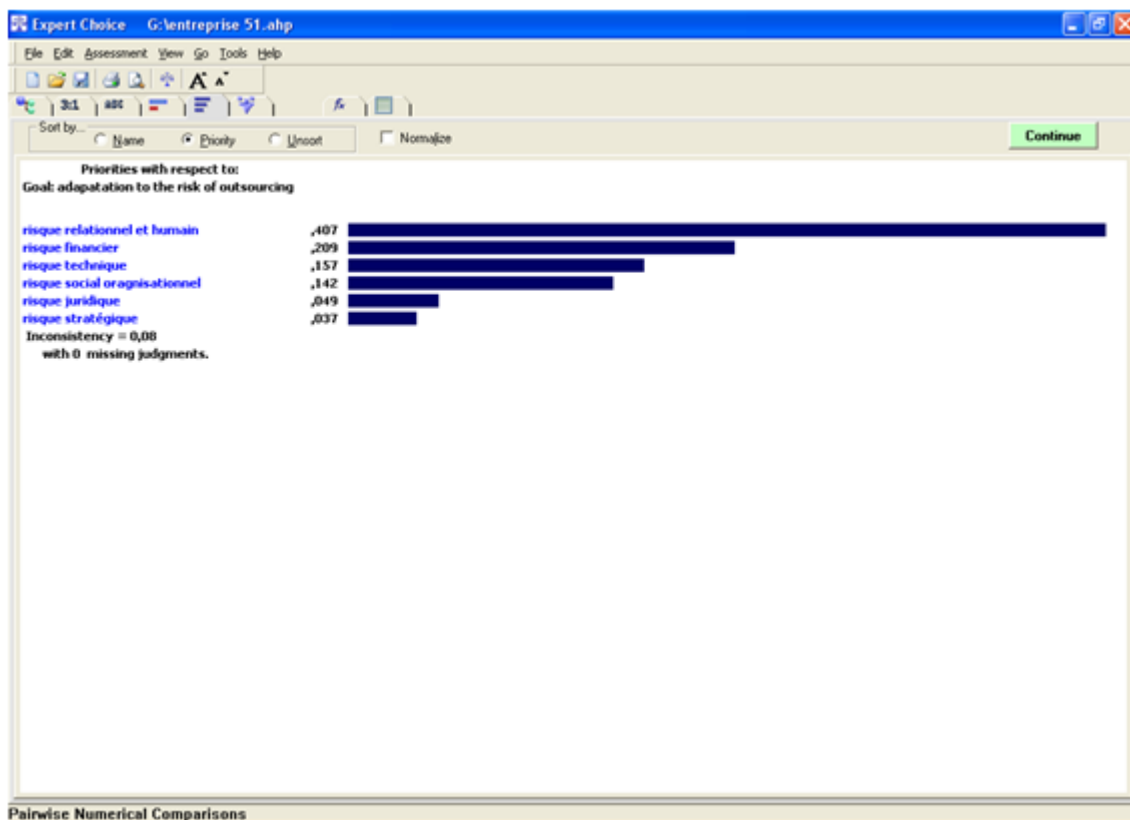


Figure V. 12: Priorité des critères.

### 3.4.2. La remémoration des cas référentiels les plus similaires

Le principe de remémoration est de raisonner, en premier temps, en termes de poids des critères des 20 entreprises sources étudiées précédemment. Les six premières colonnes du tableur-grapheur Excel reprennent ces données.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Tableau V. 1: Maquette des indicateurs

| Entreprises   | Critères |          |          |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | Risque 1 | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 |
| Entreprise 1  | 0,30     | 0,38     | 0,12     | 0,09     | 0,06     | 0,04     |
| Entreprise 2  | 0,14     | 0,18     | 0,06     | 0,07     | 0,04     | 0,51     |
| Entreprise 3  | 0,17     | 0,12     | 0,17     | 0,07     | 0,09     | 0,39     |
| Entreprise 4  | 0,13     | 0,20     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,54     |
| Entreprise 5  | 0,16     | 0,14     | 0,21     | 0,11     | 0,26     | 0,11     |
| Entreprise 6  | 0,41     | 0,21     | 0,16     | 0,12     | 0,09     | 0,03     |
| Entreprise 7  | 0,30     | 0,31     | 0,10     | 0,11     | 0,12     | 0,06     |
| Entreprise 8  | 0,31     | 0,37     | 0,10     | 0,08     | 0,10     | 0,04     |
| Entreprise 9  | 0,14     | 0,20     | 0,07     | 0,07     | 0,05     | 0,47     |
| Entreprise 10 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,48     |
| Entreprise 11 | 0,28     | 0,24     | 0,27     | 0,13     | 0,04     | 0,04     |
| Entreprise 12 | 0,26     | 0,43     | 0,10     | 0,12     | 0,06     | 0,04     |
| Entreprise 13 | 0,14     | 0,19     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,52     |
| Entreprise 14 | 0,12     | 0,16     | 0,08     | 0,09     | 0,07     | 0,49     |
| Entreprise 15 | 0,15     | 0,21     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,49     |
| Entreprise 16 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,08     | 0,04     | 0,47     |
| Entreprise 17 | 0,34     | 0,27     | 0,16     | 0,11     | 0,06     | 0,08     |
| Entreprise 18 | 0,28     | 0,30     | 0,20     | 0,10     | 0,10     | 0,03     |
| Entreprise 19 | 0,18     | 0,17     | 0,16     | 0,33     | 0,10     | 0,06     |
| Entreprise 20 | 0,13     | 0,16     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,56     |

Il Figure ensuite sept colonnes qui représentent la simulation du nouveau cas sur Excel. En effet, ces colonnes reprennent tour à tour les formules correspondantes aux cohérences locales et globales présentées dans la littérature. Pour l'ensemble des ajustements, nous avons utilisé des fonctions du logiciel *Excel*. Ces formules prêtes à l'emploi avec des catégories diverses répertoriées par les dernières utilisations (les plus courantes) ou en simple liste de choix, permettant de procéder au calcul. La figure ci-dessous montre l'incorporation de ces formules de cohérence dans un chiffrier Excel pour les données qui sont compilées dans ce dernier.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Figure V. 13: Maquette des résultats.

Modèle Externalisation - Microsoft Excel

AccueilInsertionMise en pageFormulesDonnéesRévisionAffichage

CollerPoliceAlignementNombre

Mise en forme conditionnelleMettre sous forme de tableauStyles de cellulesInsérerSupprimerFormatCellules

Trier et RechercherFiltrer sélectionnerÉdition

A1Entreprises

|    | A             | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H                 | I        | J        | K        | L        | M        | N                  |
|----|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
| 1  | Entreprises   | Critères |          |          |          |          |          | Similarité locale |          |          |          |          |          | Similarité Globale |
| 2  |               | Risque 1 | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 | 0,407             | 0,209    | 0,157    | 0,142    | 0,049    | 0,037    |                    |
| 3  |               |          |          |          |          |          |          | Risque 1          | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 |                    |
| 4  | Entreprise 1  | 0,30     | 0,38     | 0,12     | 0,09     | 0,06     | 0,04     | 0,01103           | 0,02890  | 0,00109  | 0,00303  | 0,00020  | 0,00005  | 0,10554248         |
| 5  | Entreprise 2  | 0,14     | 0,18     | 0,06     | 0,07     | 0,04     | 0,51     | 0,06917           | 0,00073  | 0,00941  | 0,00563  | 0,00010  | 0,22184  | 0,196959701        |
| 6  | Entreprise 3  | 0,17     | 0,12     | 0,17     | 0,07     | 0,09     | 0,39     | 0,05712           | 0,00723  | 0,00017  | 0,00593  | 0,00137  | 0,12250  | 0,173857137        |
| 7  | Entreprise 4  | 0,13     | 0,20     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,54     | 0,07673           | 0,00012  | 0,01082  | 0,00706  | 0,00017  | 0,24800  | 0,207698062        |
| 8  | Entreprise 5  | 0,16     | 0,14     | 0,21     | 0,11     | 0,26     | 0,11     | 0,06052           | 0,00423  | 0,00325  | 0,00090  | 0,04326  | 0,00548  | 0,16874086         |
| 9  | Entreprise 6  | 0,41     | 0,21     | 0,16     | 0,12     | 0,09     | 0,03     | 0,00001           | 0,00002  | 0,00000  | 0,00062  | 0,00152  | 0,00014  | 0,013275617        |
| 10 | Entreprise 7  | 0,30     | 0,31     | 0,10     | 0,11     | 0,12     | 0,06     | 0,01124           | 0,01103  | 0,00292  | 0,00123  | 0,00476  | 0,00036  | 0,088066367        |
| 11 | Entreprise 8  | 0,31     | 0,37     | 0,10     | 0,08     | 0,10     | 0,04     | 0,00960           | 0,02434  | 0,00314  | 0,00348  | 0,00303  | 0,00000  | 0,100647742        |
| 12 | Entreprise 9  | 0,14     | 0,20     | 0,07     | 0,07     | 0,05     | 0,47     | 0,07344           | 0,00005  | 0,00706  | 0,00476  | 0,00001  | 0,18749  | 0,196525103        |
| 13 | Entreprise 10 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,48     | 0,06554           | 0,00005  | 0,00884  | 0,00608  | 0,00014  | 0,19981  | 0,190616269        |
| 14 | Entreprise 11 | 0,28     | 0,24     | 0,27     | 0,13     | 0,04     | 0,04     | 0,01664           | 0,00073  | 0,01369  | 0,00006  | 0,00017  | 0,00003  | 0,095355729        |
| 15 | Entreprise 12 | 0,26     | 0,43     | 0,10     | 0,12     | 0,06     | 0,04     | 0,02190           | 0,04752  | 0,00303  | 0,00053  | 0,00008  | 0,00000  | 0,139289641        |
| 16 | Entreprise 13 | 0,14     | 0,19     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,52     | 0,07236           | 0,00048  | 0,01020  | 0,00656  | 0,00017  | 0,23523  | 0,201982445        |
| 17 | Entreprise 14 | 0,12     | 0,16     | 0,08     | 0,09     | 0,07     | 0,49     | 0,08237           | 0,00250  | 0,00608  | 0,00303  | 0,00032  | 0,20340  | 0,207299624        |
| 18 | Entreprise 15 | 0,15     | 0,21     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,49     | 0,06656           | 0,00002  | 0,01082  | 0,00656  | 0,00012  | 0,20885  | 0,193540714        |
| 19 | Entreprise 16 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,08     | 0,04     | 0,47     | 0,06605           | 0,00006  | 0,00884  | 0,00423  | 0,00003  | 0,18318  | 0,18884267         |
| 20 | Entreprise 17 | 0,34     | 0,27     | 0,16     | 0,11     | 0,06     | 0,08     | 0,00518           | 0,00314  | 0,00000  | 0,00137  | 0,00020  | 0,00144  | 0,054979469        |
| 21 | Entreprise 18 | 0,28     | 0,30     | 0,20     | 0,10     | 0,10     | 0,03     | 0,01638           | 0,00792  | 0,00176  | 0,00176  | 0,00212  | 0,00008  | 0,094646152        |
| 22 | Entreprise 19 | 0,18     | 0,17     | 0,16     | 0,33     | 0,10     | 0,06     | 0,05108           | 0,00185  | 0,00004  | 0,03648  | 0,00230  | 0,00053  | 0,162766078        |
| 23 | Entreprise 20 | 0,13     | 0,16     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,56     | 0,07618           | 0,00230  | 0,01124  | 0,00672  | 0,00014  | 0,27458  | 0,210642816        |

Prêt

La phase de remémoration des cas les plus similaires procède ensuite à la sélection progressive des cas jusqu'à obtention de la solution qui sera réutilisée pour le problème courant. Un tri par ordre croissant des degrés de cohérence permet de faire ressortir les cas les plus similaires au cas cible. La plus petite valeur des cohérences globales correspond au cas le plus similaire (l'entreprise 6).

Figure V. 14: Maquette du choix cas le plus similaire.

Modèle Externalisation - Microsoft Excel

Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage

Calibri 12 A A

Standard

Mise en forme conditionnelle Mettre sous forme de tableau Styles de cellules

Insérer Supprimer Format

Σ Tri et Rechercher et filtrer - Sélectionner Édition

Police Alignement Nombre

A1 Entreprises

|    | A             | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H                 | I        | J        | K        | L        | M        | N                  |
|----|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
|    |               | Critères |          |          |          |          |          | Similarité locale |          |          |          |          |          |                    |
|    |               | Risque 1 | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 | 0,407             | 0,209    | 0,157    | 0,142    | 0,049    | 0,037    |                    |
|    |               |          |          |          |          |          |          | Risque 1          | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 | Similarité Globale |
| 4  | Entreprise 1  | 0,30     | 0,38     | 0,12     | 0,09     | 0,06     | 0,04     | 0,01103           | 0,02890  | 0,00109  | 0,00303  | 0,00020  | 0,00005  | 0,10554248         |
| 5  | Entreprise 2  | 0,14     | 0,18     | 0,06     | 0,07     | 0,04     | 0,51     | 0,06917           | 0,00073  | 0,00941  | 0,00563  | 0,00010  | 0,22184  | 0,196959701        |
| 6  | Entreprise 3  | 0,17     | 0,12     | 0,17     | 0,07     | 0,09     | 0,39     | 0,05712           | 0,00723  | 0,00017  | 0,00593  | 0,00137  | 0,12250  | 0,173857137        |
| 7  | Entreprise 4  | 0,13     | 0,20     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,54     | 0,07673           | 0,00012  | 0,01082  | 0,00706  | 0,00017  | 0,24800  | 0,207698062        |
| 8  | Entreprise 5  | 0,16     | 0,14     | 0,21     | 0,11     | 0,26     | 0,11     | 0,06052           | 0,00423  | 0,00325  | 0,00090  | 0,04326  | 0,00548  | 0,16874086         |
| 9  | Entreprise 6  | 0,41     | 0,21     | 0,16     | 0,12     | 0,09     | 0,03     | 0,00001           | 0,00002  | 0,00000  | 0,00062  | 0,00152  | 0,00014  | 0,013275617        |
| 10 | Entreprise 7  | 0,30     | 0,31     | 0,10     | 0,11     | 0,12     | 0,06     | 0,01124           | 0,01103  | 0,00292  | 0,00123  | 0,00476  | 0,00036  | 0,088066367        |
| 11 | Entreprise 8  | 0,31     | 0,37     | 0,10     | 0,08     | 0,10     | 0,04     | 0,00960           | 0,02434  | 0,00314  | 0,00348  | 0,00303  | 0,00000  | 0,100647742        |
| 12 | Entreprise 9  | 0,14     | 0,20     | 0,07     | 0,07     | 0,05     | 0,47     | 0,07344           | 0,00005  | 0,00706  | 0,00476  | 0,00001  | 0,18749  | 0,196525103        |
| 13 | Entreprise 10 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,48     | 0,06554           | 0,00005  | 0,00884  | 0,00608  | 0,00014  | 0,19981  | 0,190616269        |
| 14 | Entreprise 11 | 0,28     | 0,24     | 0,27     | 0,13     | 0,04     | 0,04     | 0,01664           | 0,00073  | 0,01369  | 0,00006  | 0,00017  | 0,00003  | 0,095355729        |
| 15 | Entreprise 12 | 0,26     | 0,43     | 0,10     | 0,12     | 0,06     | 0,04     | 0,02190           | 0,04752  | 0,00303  | 0,00053  | 0,00008  | 0,00000  | 0,139289641        |
| 16 | Entreprise 13 | 0,14     | 0,19     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,52     | 0,07236           | 0,00048  | 0,01020  | 0,00656  | 0,00017  | 0,23523  | 0,201982445        |
| 17 | Entreprise 14 | 0,12     | 0,16     | 0,08     | 0,09     | 0,07     | 0,49     | 0,08237           | 0,00250  | 0,00608  | 0,00303  | 0,00032  | 0,20340  | 0,207299624        |
| 18 | Entreprise 15 | 0,15     | 0,21     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,49     | 0,06656           | 0,00002  | 0,01082  | 0,00656  | 0,00012  | 0,20885  | 0,193540714        |
| 19 | Entreprise 16 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,08     | 0,04     | 0,47     | 0,06605           | 0,00006  | 0,00884  | 0,00423  | 0,00003  | 0,18318  | 0,18884267         |
| 20 | Entreprise 17 | 0,34     | 0,27     | 0,16     | 0,11     | 0,06     | 0,08     | 0,00518           | 0,00314  | 0,00000  | 0,00137  | 0,00020  | 0,00144  | 0,054979469        |
| 21 | Entreprise 18 | 0,28     | 0,30     | 0,20     | 0,10     | 0,10     | 0,03     | 0,01638           | 0,00792  | 0,00176  | 0,00176  | 0,00212  | 0,00008  | 0,094646152        |
| 22 | Entreprise 19 | 0,18     | 0,17     | 0,16     | 0,33     | 0,10     | 0,06     | 0,05108           | 0,00185  | 0,00004  | 0,03648  | 0,00230  | 0,00053  | 0,162766078        |
| 23 | Entreprise 20 | 0,13     | 0,16     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,56     | 0,07618           | 0,00230  | 0,01124  | 0,00672  | 0,00014  | 0,27458  | 0,210642816        |

Modèle A Feuil2 Feuil3

Prêt

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

### 3.5.L'adaptation des cas (réutilisation)

Cette étape permet de résoudre le nouveau problème par la réutilisation de la solution du cas source dans le nouveau contexte propre au cas cible. A cet effet, il s'agit de recopier la solution du cas « 6 » sur le cas « 21 ». L'entreprise 6 avait comme risque majeur lié à l'adoption des stratégies d'externalisation de ses activités de maintenance le « risque relationnel et humain » face auquel elle avait choisi, en se basant sur sa propre expérience, de « ré-internaliser l'activité ». En se basant sur ce résultat, « l'entreprise 21 » devra se conformer à ce choix de « l'alternative 3 » pour palier au risque le plus influent sur sa décision d'adoption des stratégies d'externalisation.

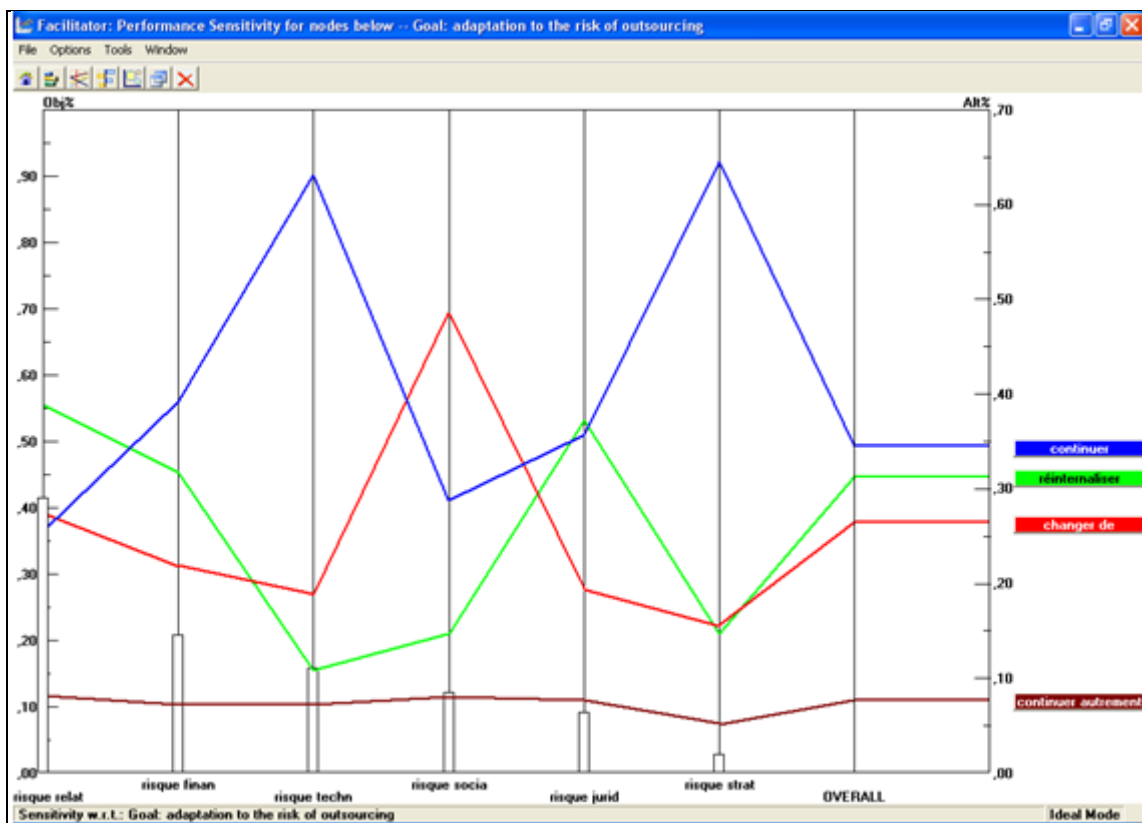


Figure V. 15: Maquette du cas le plus similaire.

#### 3.5.1. La révision de la solution proposée

Il s'agit à ce stade de l'étude d'évaluer la solution choisie du contexte industriel réel. Dans l'illustration de « l'entreprise 21 », nous essayerons d'éviter le risque auquel l'entreprise est confrontée en externalisant l'une de ses activités en optant pour l'alternative résultant de l'adaptation.

En cas de divergence entre ce qui a été construit comme solution et ce qu'il aurait fallu faire, il serait important :

- de corriger, de façon à ce que le cas soit un cas avec une solution correcte ;
- éventuellement, tracer l'écart et l'expliquer sous forme d'exception (ce qui revient à particulariser une forme d'adaptation à une zone plus petite pour la classe de solutions)

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

Ce cas, avec les explications de révision, devient une source d'apprentissage importante pour faire évoluer les connaissances mobilisées par le raisonnement.

### *3.5.2. La mémorisation du nouveau cas*

La mémorisation du nouveau cas résolu est l'occasion d'enrichir la base de connaissances :

- naturellement, un cas supplémentaire résolu augmente l'expérience du système ;
- en cas de révision, la connaissance générale peut être modifiée et en particulier les connaissances duales liées aux tâches "retrouver" et "adapter".
  - ✓ la mesure de cohérence peut être raffinée pour éviter de sélectionner une classe de solutions erronées ;
  - ✓ des dépendances nouvelles peuvent être découvertes, etc...
- il peut être utile de garder la "trace" de l'ensemble du cycle avec le détail des corrections faites. Même si nous n'avons pas encore pu mettre à jour les connaissances du système, cette trace pourra être utilisée pour considérer ce cas comme un modèle pour "corriger" en s'inspirant de cette correction une nouvelle adaptation qui se ferait avec le même type de cohérence (on découvrirait ce cas résolu et corrigé au moment de la révision).

Cependant, l'objectif final de notre étude est de concevoir un Système Interactif d'Aide à la Décision (SIAD) en matière de management des risques liés aux stratégies d'externalisation. Par conséquent, il convient que le formalisme ainsi que la manière de présenter les données soient génériques et surtout adaptables aux différentes analyses de risque issues du monde industriel afin de pouvoir les capitaliser dans la base de données de notre outil.

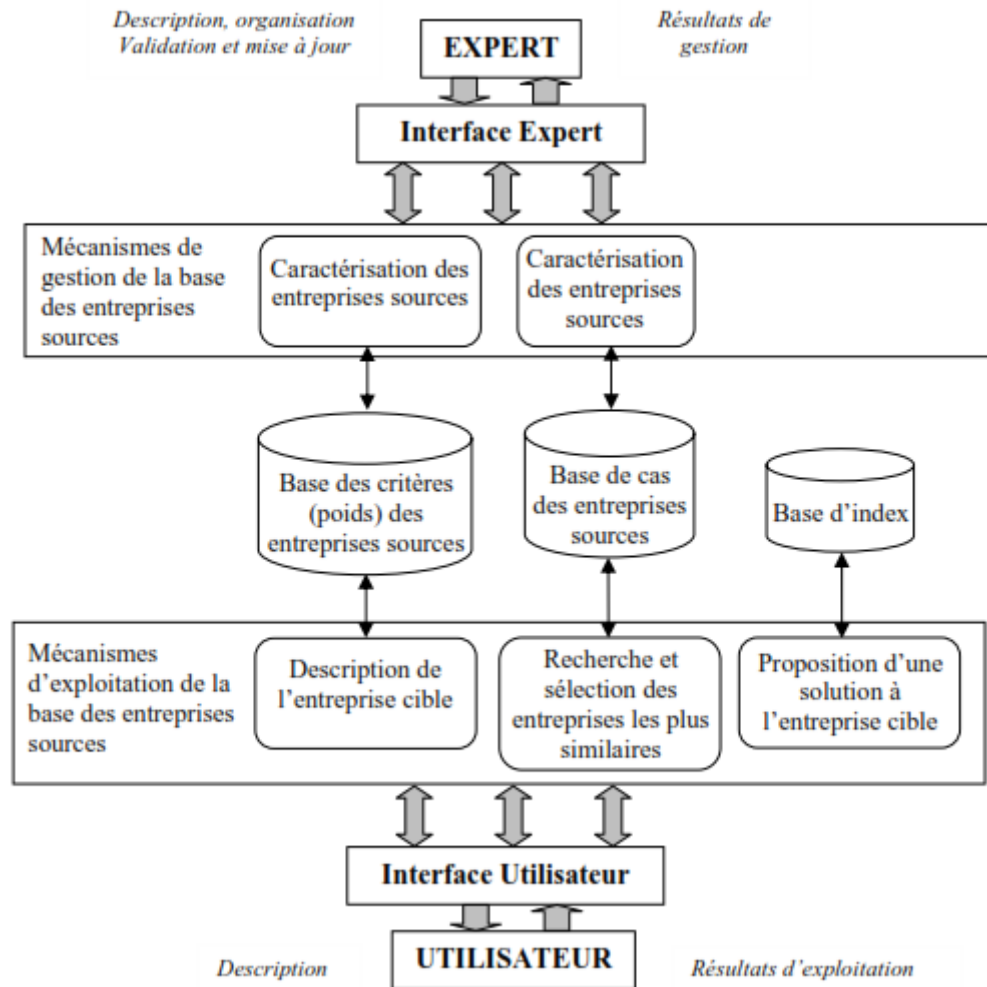
A ce stade de l'analyse, même si la remontée d'informations est automatisée, elle repose sur des feuilles Excel et des langages de programmations plus performants seraient sans doute nécessaires pour fonctionner à plus grande échelle. A cet effet, nous utiliserons dans un second temps le logiciel *Visual Basic* version (6.3) incorporé dans Microsoft Office. Il s'agit d'un langage de programmation événementiel de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation COM (Component Object Model). Visual Basic est directement dérivé du BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces utilisateur graphiques, l'accès aux bases de données. Grâce à ce logiciel, capable de trouver une solution assez rapide à des problèmes complexes, nous avons pu concevoir notre propre système interactif d'aide à la décision.

### **3.6. Architecture du Système Interactif d'Aide à la Décision**

Après l'étape de conception, la phase de réalisation a pour but de coder les différents modules dans un langage de programmation adéquat. L'architecture du SIAD se compose de deux modules : un module de capitalisation des connaissances destiné aux experts et un module de réutilisation des connaissances destiné aux utilisateurs.



## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles



**Figure V. 16: Architecture du Système d'Aide à la Décision.**

Les modules de capitalisation et de réutilisation des cas sont en relation avec l'environnement extérieur par l'intermédiaire d'une interface Homme-Machine. Celle-ci joue un rôle important car l'utilité et l'utilisation d'un système est fortement tributaire de l'ergonomie de ses interfaces.

### 3.6.1. Présentation de l'interface graphique

L'interface graphique contient trois menus interactifs : Données, Edition et Affichage.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

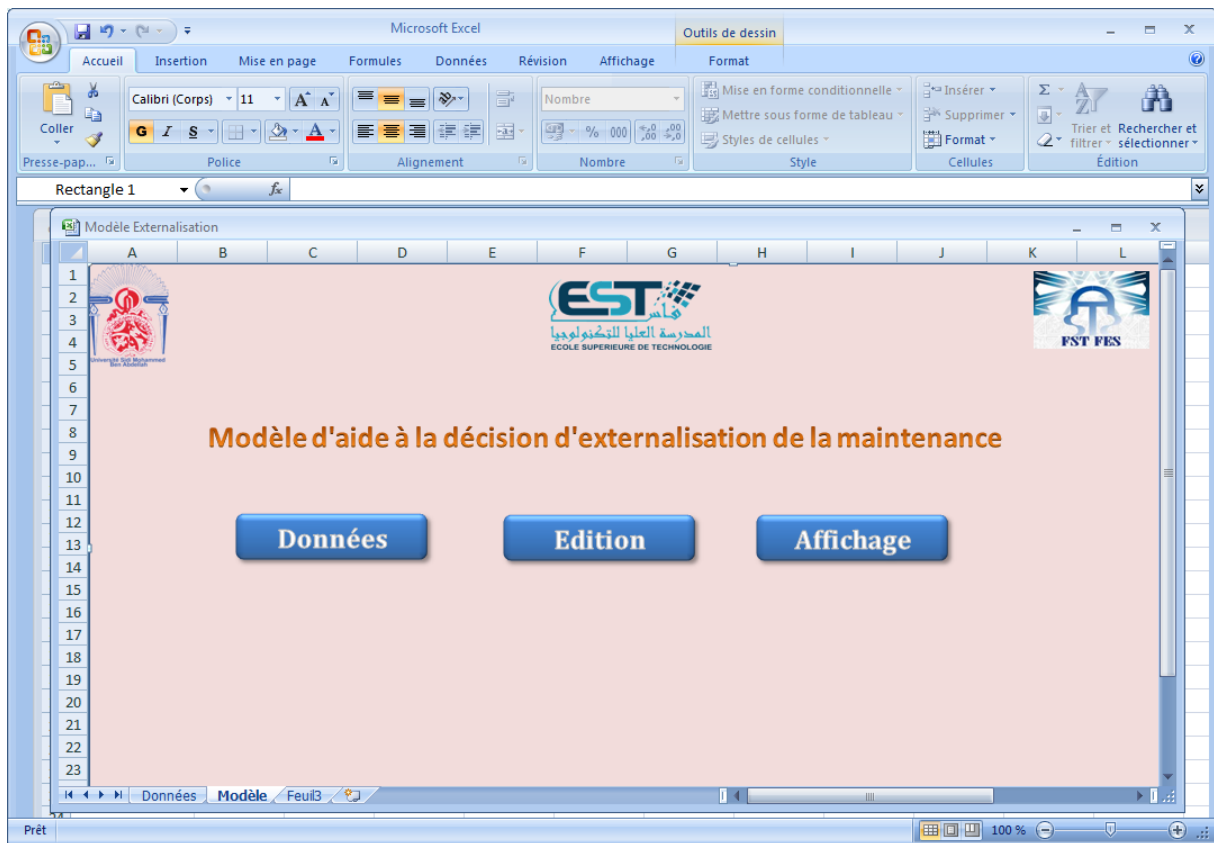


Figure V. 17: Interface graphique principale du SIAD.

L'option « Données » permet d'ouvrir et de fermer le dossier des indicateurs relatifs à la base de données.

| Entreprises   | Critères |          |          |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | Risque 1 | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 |
| Entreprise 1  | 0,30     | 0,38     | 0,12     | 0,09     | 0,06     | 0,04     |
| Entreprise 2  | 0,14     | 0,18     | 0,06     | 0,07     | 0,04     | 0,51     |
| Entreprise 3  | 0,17     | 0,12     | 0,17     | 0,07     | 0,09     | 0,39     |
| Entreprise 4  | 0,13     | 0,20     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,54     |
| Entreprise 5  | 0,16     | 0,14     | 0,21     | 0,11     | 0,26     | 0,11     |
| Entreprise 6  | 0,41     | 0,21     | 0,16     | 0,12     | 0,09     | 0,03     |
| Entreprise 7  | 0,30     | 0,31     | 0,10     | 0,11     | 0,12     | 0,06     |
| Entreprise 8  | 0,31     | 0,37     | 0,10     | 0,08     | 0,10     | 0,04     |
| Entreprise 9  | 0,14     | 0,20     | 0,07     | 0,07     | 0,05     | 0,47     |
| Entreprise 10 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,48     |
| Entreprise 11 | 0,28     | 0,24     | 0,27     | 0,13     | 0,04     | 0,04     |
| Entreprise 12 | 0,26     | 0,43     | 0,10     | 0,12     | 0,06     | 0,04     |
| Entreprise 13 | 0,14     | 0,19     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,52     |
| Entreprise 14 | 0,12     | 0,16     | 0,08     | 0,09     | 0,07     | 0,49     |

Figure V. 18: L'interface de l'option « Données ».

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

- L'option « Edition » permet d'insérer et de supprimer les données. Elle permet les opérations suivantes :
  - ✓ Ajout de cas : cette rubrique permet d'ajouter un cas d'une entreprise externalisatrice à la base de cas ;
  - ✓ Suppression de cas : dans la situation où des cas sont redondants ou inappropriés, l'expert peut les supprimer de la base de cas.



**Modèle d'aide à la décision d'externalisation de la maintenance**

Données    **Edition**    Affichage

| Entreprises   | Critères |          |          |          |          |          | Similarité locale |          |          |          |          |          | Similarité Globale |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
|               | Risque 1 | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 | Risque 1          | Risque 2 | Risque 3 | Risque 4 | Risque 5 | Risque 6 |                    |
| Entreprise 1  | 0,30     | 0,38     | 0,12     | 0,09     | 0,06     | 0,04     | 0,407             | 0,209    | 0,157    | 0,142    | 0,049    | 0,037    | 0,10554248         |
| Entreprise 2  | 0,14     | 0,18     | 0,06     | 0,07     | 0,04     | 0,51     | 0,06917           | 0,00073  | 0,00941  | 0,00563  | 0,00010  | 0,22184  | 0,196959701        |
| Entreprise 3  | 0,17     | 0,12     | 0,17     | 0,07     | 0,09     | 0,39     | 0,05712           | 0,00723  | 0,00017  | 0,00593  | 0,00137  | 0,12250  | 0,173857137        |
| Entreprise 4  | 0,13     | 0,20     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,54     | 0,07673           | 0,00012  | 0,01082  | 0,00706  | 0,00017  | 0,24800  | 0,207698062        |
| Entreprise 5  | 0,16     | 0,14     | 0,21     | 0,11     | 0,26     | 0,11     | 0,06052           | 0,00423  | 0,00125  | 0,00090  | 0,04126  | 0,00548  | 0,16874086         |
| Entreprise 6  | 0,41     | 0,21     | 0,16     | 0,12     | 0,09     | 0,03     | 0,00001           | 0,00002  | 0,00000  | 0,00062  | 0,00152  | 0,00014  | 0,013275617        |
| Entreprise 7  | 0,30     | 0,31     | 0,10     | 0,11     | 0,12     | 0,06     | 0,01124           | 0,01103  | 0,00292  | 0,00123  | 0,00476  | 0,00036  | 0,088066367        |
| Entreprise 8  | 0,31     | 0,37     | 0,10     | 0,08     | 0,10     | 0,04     | 0,00960           | 0,02434  | 0,00314  | 0,00348  | 0,00303  | 0,00000  | 0,100647742        |
| Entreprise 9  | 0,14     | 0,20     | 0,07     | 0,07     | 0,05     | 0,47     | 0,07344           | 0,00005  | 0,00706  | 0,00476  | 0,00001  | 0,18749  | 0,196525103        |
| Entreprise 10 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,48     | 0,06554           | 0,00005  | 0,00884  | 0,00608  | 0,00014  | 0,19981  | 0,190616269        |
| Entreprise 11 | 0,28     | 0,24     | 0,27     | 0,13     | 0,04     | 0,04     | 0,01664           | 0,00073  | 0,01369  | 0,00006  | 0,00017  | 0,00003  | 0,095355729        |
| Entreprise 12 | 0,26     | 0,43     | 0,10     | 0,12     | 0,06     | 0,04     | 0,02190           | 0,04752  | 0,00303  | 0,00053  | 0,00008  | 0,00000  | 0,139289641        |
| Entreprise 13 | 0,14     | 0,19     | 0,06     | 0,06     | 0,04     | 0,52     | 0,07236           | 0,00048  | 0,01020  | 0,00656  | 0,00017  | 0,23523  | 0,201982445        |
| Entreprise 14 | 0,12     | 0,16     | 0,08     | 0,09     | 0,07     | 0,49     | 0,08237           | 0,00250  | 0,00608  | 0,00303  | 0,00032  | 0,20340  | 0,207299624        |
| Entreprise 15 | 0,15     | 0,21     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,49     | 0,06656           | 0,00002  | 0,01082  | 0,00656  | 0,00012  | 0,20885  | 0,193540714        |
| Entreprise 16 | 0,15     | 0,20     | 0,06     | 0,08     | 0,04     | 0,47     | 0,06605           | 0,00006  | 0,00884  | 0,00423  | 0,00003  | 0,18318  | 0,18884267         |
| Entreprise 17 | 0,34     | 0,27     | 0,16     | 0,11     | 0,06     | 0,08     | 0,00518           | 0,00314  | 0,00000  | 0,00137  | 0,00020  | 0,00144  | 0,054979469        |
| Entreprise 18 | 0,28     | 0,30     | 0,20     | 0,10     | 0,10     | 0,03     | 0,01638           | 0,00792  | 0,00176  | 0,00176  | 0,00212  | 0,00008  | 0,094646152        |
| Entreprise 19 | 0,18     | 0,17     | 0,16     | 0,33     | 0,10     | 0,06     | 0,05108           | 0,00185  | 0,00004  | 0,03648  | 0,00230  | 0,00053  | 0,162766078        |
| Entreprise 20 | 0,13     | 0,16     | 0,05     | 0,06     | 0,04     | 0,56     | 0,07618           | 0,00230  | 0,01124  | 0,00672  | 0,00014  | 0,27458  | 0,210642816        |

Figure V. 19: L'interface de l'option « Edition ».

- L'option « Affichage » mène vers une interface de saisie des données décelées à partir de nouveaux scénarios.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

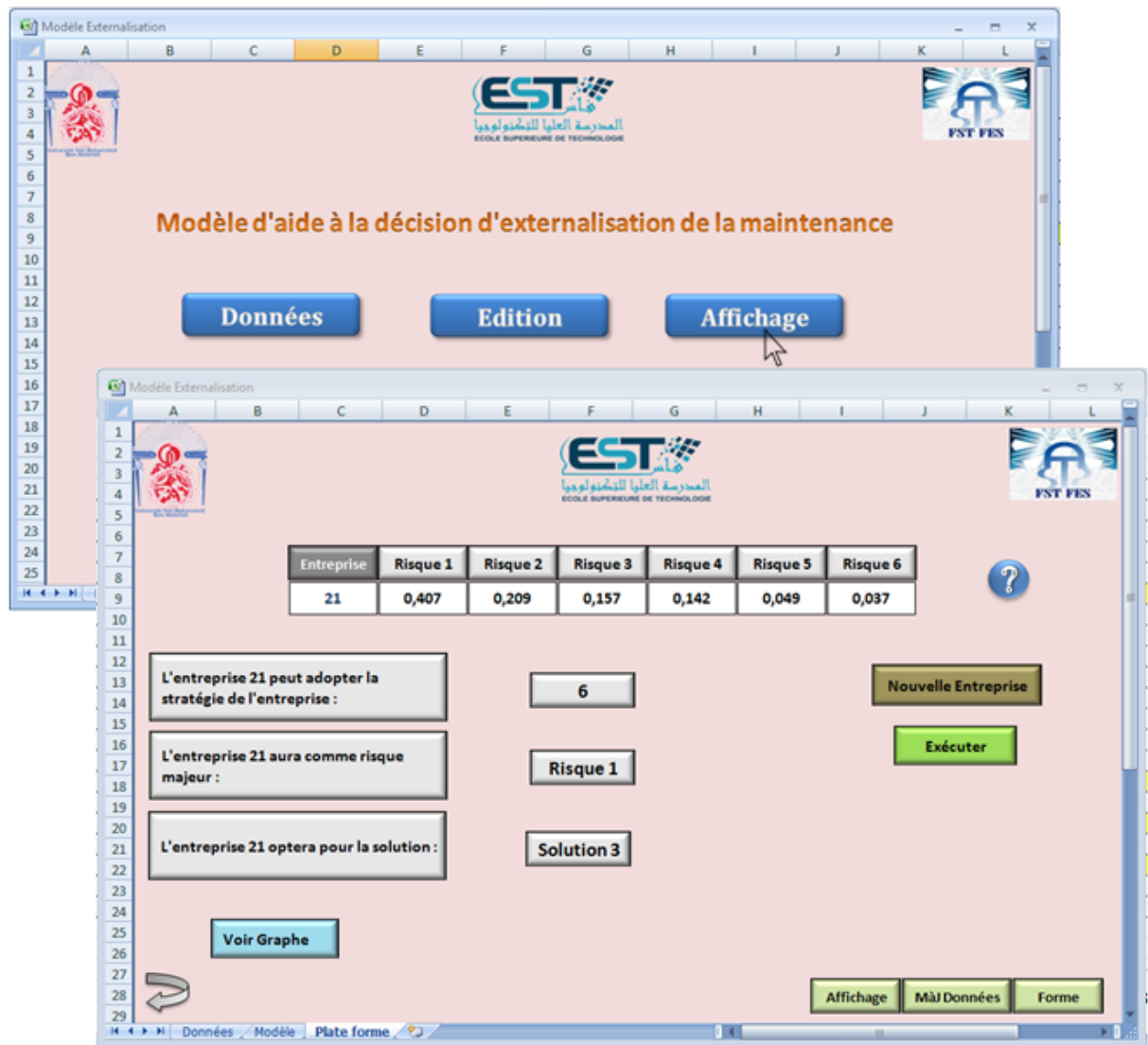


Figure V. 20: L'interface de l'option « Affichage ».

### 3.6.2. Manipulation de l'interface d'exploitation de la base de cas

L'interface d'exploitation de la base de cas s'adresse aux décideurs. Elle correspond à l'interface de l'option « Affichage » cité ci-dessus. Au-delà de l'objectif premier de réutilisation des cas antérieurs pour déterminer le traitement d'un nouveau cas, cet outil peut être réutilisé à des fins de formation et de démonstration pour le personnel des entreprises.

Les rubriques de cette interface concernent directement les phases du Raisonnement à partir de Cas pour la résolution de problèmes. L'exploitation de la base commence par la description du cas cible, c'est-à-dire l'entreprise externalisatrice à traiter. Parmi les rubriques les plus importantes du menu, la saisie, la recherche et la proposition de solutions.

Cette plate forme est essentiellement composée des fonctions suivantes :

- Onglet de saisie des données d'une nouvelle entreprise externalisatrice : cette rubrique permet de saisir les données d'un nouveau cas d'entreprise externalisatrice à résoudre. La méthode de saisie des données est chiffrée. Les nouvelles données sont saisies

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

manuellement par l'utilisateur et enregistrées dans un fichier propre à la nouvelle entreprise externalisatrice.

- Recherche des cas similaires: cette rubrique permet de trouver les cas les plus similaires à l'entreprise externalisatrice cible dans la base de cas des entreprises externalisatrices sources. Elle fait directement appel aux mécanismes du RàpC.

Dans ce cas, le système détecte automatiquement toutes les données antérieures.

- Les résultats de la recherche et la proposition de solutions sont affichés dans des fenêtres textuellement. De plus un onglet d'information est affiché pour proposer une aide synthétique pouvant assister l'opérateur.

### 3.7. Evaluation expérimentale du SIAD

L'évaluation expérimentale a pour but de juger de la capacité de détection du système d'aide à la décision. La capacité de détection du système prend, ici, le sens de la capacité du système à retrouver des cas similaires pour résoudre un nouveau cas d'entreprise externalisatrice. Une évaluation expérimentale est mise en œuvre et consiste à tester chaque entreprise de la base de cas qui est constituée des 20 entreprises externalisatrices.

Dans le cadre de notre application, la pertinence des résultats retrouvés pour le cas de «l'entreprise 21 » est encours d'évaluation et d'intégration. En effet, conformément aux cas similaires retrouvés, « l'entreprise 21 » devra se conformer au cas de « l'entreprise 6 » qui avait comme risque majeur lié à l'externalisation de ses activités le « risque 1 : relationnel et humain » et qui avait opté à cet effet pour « l'alternative 3 : ré-internaliser l'activité ».

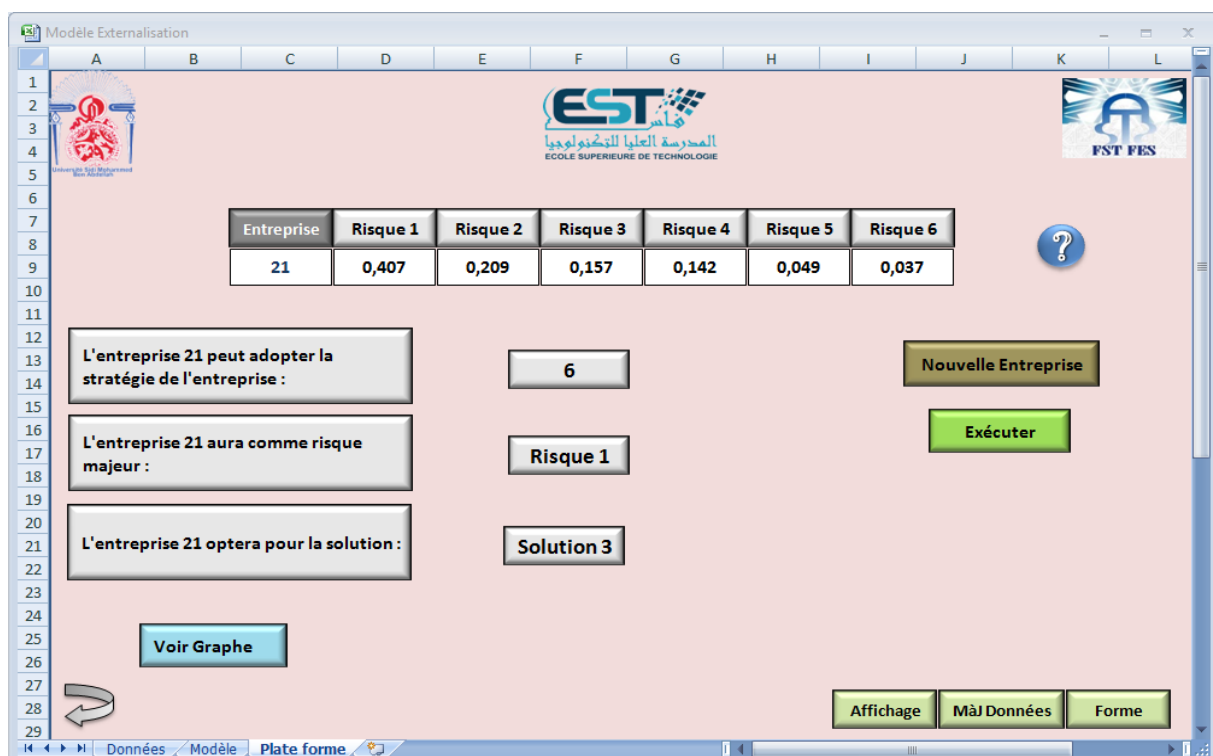


Figure V. 21: Evaluation expérimentale du SIAD.

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

Suite à la présentation des résultats de cohérence entre les deux cas, l'onglet « graphique associé à la nouvelle entreprise » visualisera le graphe correspondant à l'entreprise la plus similaire au cas cible « l'entreprise 21 ». En d'autres termes, le graphe de l'entreprise 6 » s'affichera automatiquement.

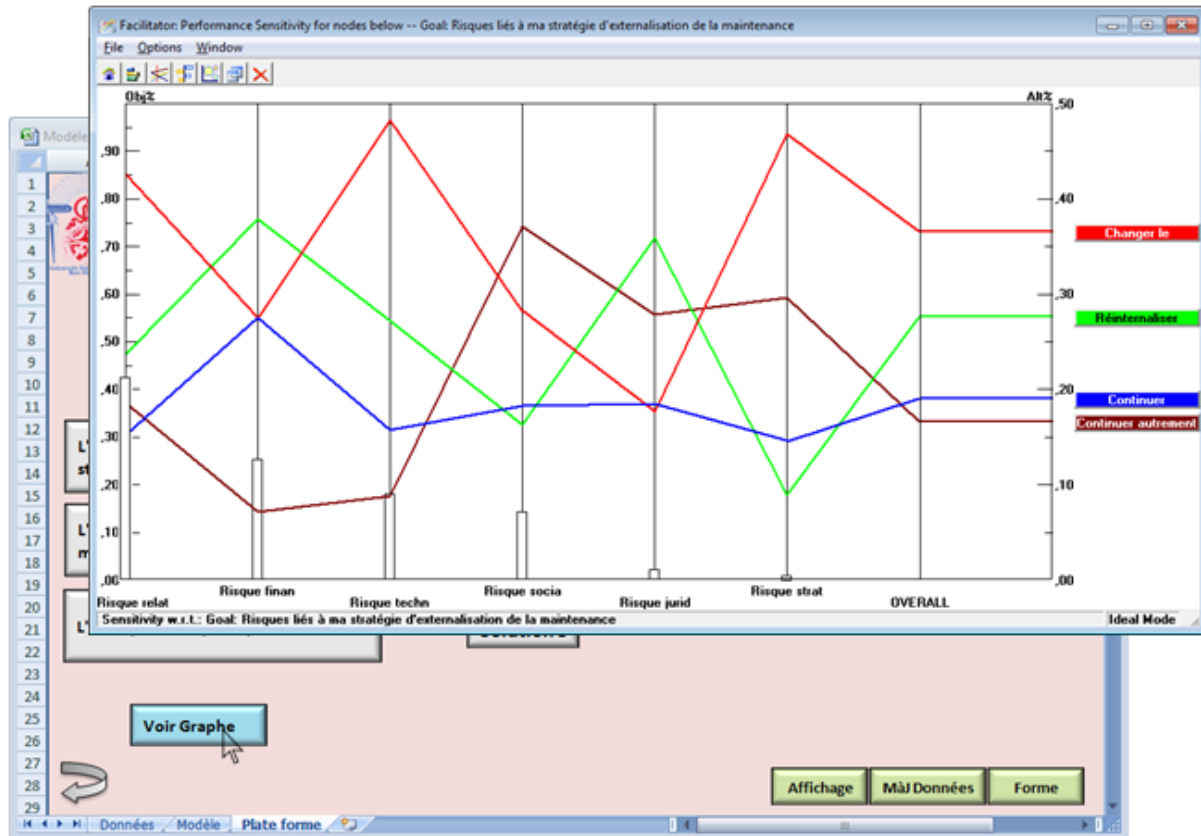


Figure V. 22: Affichage graphique des résultats.

### 3.8. Les apports du SIAD Proposé

Les apports du système d'aide à la décision sont détaillés selon les trois niveaux : l'expert, le domaine de l'externalisation et l'utilisateur.

Du point de vue de l'expert, le recueil des données de l'expertise amènera l'expert à mieux structurer ses raisonnements de résolution de problèmes. Ce système d'aide permet à l'expert d'obtenir une proposition d'instrumentation du problème.

Concernant le domaine d'externalisation, le raisonnement à partir de cas a permis d'effectuer un classement à partir des données collectées lors de l'enquête. A ce jour, à notre connaissance, ce système d'aide est le premier système classant les risques d'externalisation et divulguant l'alternative adéquate à chaque type de risque.

Enfin, du point de vue de l'utilisateur, l'acquisition des connaissances a permis d'appliquer les techniques d'Intelligence Artificielle au domaine de l'externalisation. Elle lui fait découvrir les aspects décisionnels et les stratégies d'adaptation face aux risques liés à l'externalisation.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

### **4. Conclusion**

L'objectif de la première partie de ce chapitre était de concevoir un tableau de bord composé de sept indicateurs permettant l'évaluation globale de la stratégie d'externalisation de la maintenance et apportant une aide à la décision et à la réorientation des dites entreprises. Aussi, de proposer des opportunités pertinentes au bon moment, et permettant de contrôler l'évolution de l'organisation dans ses objectifs d'adoption des stratégies d'externalisation de la maintenance.

Dans la deuxième partie, la sélection de la meilleure option d'adaptation a nécessité une prise en considération de six risques liés à l'externalisation. Cette sélection multicritère était accompagnée de quatre alternatives choisies sur la base de leur pertinence aux grandes orientations de la littérature. Cet éventail de critères et d'alternatives était ensuite soumis à une cinquantaine d'experts nationaux opérants dans divers secteurs d'activités, à l'aide d'un questionnaire. Les données collectées, nous ont permis d'accorder à chaque risque un poids et de lui affecter une alternative adéquate.

L'assistance proposée aux entreprises externalisatrices a consisté donc à développer un système d'aide à la décision grâce aux techniques de développement des systèmes à base de connaissances proposés en Intelligence Artificielle et plus particulièrement le Raisonnement à Partir de Cas (RàpC) bien adapté aux besoins de l'application.

En effet, le RàpC a consisté à raisonner à partir d'expériences et de cas déjà rencontrés pour résoudre de nouveaux problèmes. La recherche des cas les plus similaires est une des phases les plus délicates dans le RàpC dans la mesure où elle conditionne les résultats de la résolution de problèmes.

La conception du système interactif et plus particulièrement l'architecture logicielle différencie deux modules d'utilisation : un module propre à l'expert pour gérer la base de cas des entreprises externalisatrices et un module dédié à l'utilisateur pour exploiter la base de cas des entreprises. La gestion de la base permet à l'expert d'ajouter, de supprimer et de mettre à jour les entreprises externalisatrices constituant la base.



## **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**

---

Notre objet d'étude porte sur l'impact lié à l'adoption des stratégies d'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles. Dans ce cadre, notre but consistait à proposer des méthodes et démarches d'adaptation aux risques liés aux stratégies d'externalisation et à accommoder celles-ci au sein d'un échantillon d'entreprises externalisatrices Marocaines.

L'objectif de cette étude était d'apporter une aide à la décision et à la réorientation des dites entreprises et de proposer des opportunités de guidage et d'accompagnement pertinentes, permettant de faire évoluer l'organisation dans ses objectifs (opérationnels, tactiques et stratégiques) d'adoption des stratégies d'externalisation des activités de maintenance.

L'externalisation de la maintenance représente une problématique majeure pour les entreprises. Génératrice de gain, elle engendre également un lourd investissement et est le fruit d'une démarche décisionnelle assez longue. Aujourd'hui, toute entreprise a été confrontée un jour ou l'autre à la question de savoir si elle doit externaliser la totalité ou une partie de ses activités de maintenance serait pertinent en termes de coûts, de qualité de service, ou de réactivité, etc.

On peut ainsi déterminer que face à cette question de l'intérêt d'externaliser sa maintenance, il existe trois critères déterminants : la nature de l'activité de l'entreprise, la complexité de la chaîne de production, et l'organisation de la fonction de maintenance de l'entreprise.

La nature de l'activité de l'entreprise, avec les problématiques qui y sont liées comme la complexité des produits fabriqués, les contraintes liées à ces produits et l'expertise requise, vont déterminer la pertinence d'externaliser ses services de maintenance, et le cas échéant le choix du type de prestation : le type de contrat.

Plus la chaîne de production et principalement le processus de production de l'entreprise sera complexe, plus l'entreprise aura également intérêt à externaliser de façon poussée sa maintenance, afin de reporter sur les prestataires les risques qui vont de paire avec cette complexité, que ce soit en terme de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité mais aussi de sécurité des biens et du personnel.

L'organisation de la fonction maintenance de l'entreprise est également un critère prépondérant dans le processus d'externalisation. C'est en effet grâce à cette organisation que l'entreprise va détecter le besoin et l'importance que peut avoir la maintenance dans le processus intégré de la production de l'entreprise. L'organisation de la fonction maintenance de l'entreprise se manifestera aussi si celle ci garde les possibilités en interne à tout moment de ré-internaliser les prestations confiées à un prestataire. Ceci dans le but de permettre à l'entreprise d'éviter une dépendance vis à vis de son prestataire.

Face au climat économique actuel, mais aussi face à la mondialisation, et le développement des nouvelles stratégies et différentes formes de collaborations, nous avons pu voir apparaître



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

des processus et donc des besoins en prestations beaucoup plus élaborés, voir compliqués. Les industriels, de par cette complexification de leur processus de production, vont donc de fait avoir recours de façon beaucoup plus forte à des prestations plus poussées, donc davantage vers du partenariat. Ce degré d'externalisation plus important va conduire le prestataire et l'industriel à aboutir à un niveau de collaboration plus fort. Ceux-ci vont donc établir des contrats à plus longue durée, afin d'atteindre des objectifs communs, en parfaite synergie entre les différents acteurs.

Du point de vue prestataires des services de maintenance, pour continuer à rester leader ces derniers doivent être capables de maîtriser tous les types d'offres logistiques, ces derniers vont également avoir besoin de faire face à de nouveaux enjeux, et ce dans un futur très proche. Ces nouveaux enjeux ont pour but de répondre à des besoins, des exigences supplémentaires du consommateur final, qui se répercute donc sur les impératifs des entreprises. L'un des enjeux majeurs va être l'intégration du développement durable dans leur offre, tout en restant cohérent avec la notion de coût inhérente à l'externalisation logistique. Un autre enjeu va être le renforcement de la sécurité dans la chaîne logistique, afin d'augmenter la fiabilité des prestations, face à différents facteurs : malveillance, terrorisme, catastrophes naturelles, etc....

La sélection de la meilleure option a nécessité une prise en considération des éléments impactant l'externalisation des activités de maintenance. Cette sélection multicritère était accompagnée des alternatives de contrats choisies sur la base de leur pertinence aux grandes orientations de la littérature. Cet éventail de critères et d'alternatives était ensuite soumis à une trentaine d'acteurs nationaux de divers secteurs d'activités du tissu industriel, à l'aide d'un questionnaire. Les données collectées, nous ont permis d'accorder à chaque risque lié à l'externalisation un poids et de lui affecter une solution adéquate.

Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode d'aide à la décision multicritère AHP. Parmi plusieurs méthodes, AHP se démarque par son mode de détermination des poids des critères. Plusieurs comparaisons par paires sont effectuées afin de trouver les priorités relatives de chaque critère et les alternatives. Malgré de nombreux critiques adressés à juste titre à cette méthode, pour notre problème de sélection de la meilleure option d'adaptation, AHP a été un outil efficace, adéquat, compréhensible et facile à appliquer via son support informatique, celui du logiciel Expert Choice.

Toutefois, l'aide apportée aux entreprises externalisatrices à ce stade de la recherche n'était pas suffisante dans la mesure où l'on pouvait considérer la démarche conçue précédemment comme étant une simple démarche de capitalisation des connaissances qui demandait à être complétée.

L'assistance proposée aux entreprises externalisatrices consiste donc à développer un système d'aide à la décision grâce aux techniques de développement des systèmes à base de connaissances proposés par l'étude du terrain et le Raisonnement à Partir de Cas, bien adapté aux besoins de l'application.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

En vue de promouvoir des options d'adaptation durables au sein des entreprises externalisatrices, nous avons développé un modèle de pilotage et d'accompagnement des projets d'externalisation des activités de maintenance au sein des entreprises industrielles afin d'optimiser leurs ressources.

Notre modèle détient un bon nombre de qualités. En effet, ce dernier est techniquement adapté, économiquement viable et socialement acceptable.

Finalement, cette étude nous a permis de donner des réponses factuelles à notre problématique de départ et nous a guidé à obtenir des résultats empiriques permettant de supporter nos préconisations et de créer des outils de soutien à l'architecture de pilotage proposée. En effet, nous sommes parvenus vers la fin de ce travail de recherche à construire une typologie spécifique visant la mise en évidence des différents facteurs impactant la décision d'externalisation de la maintenance auxquels peuvent être confrontés les entreprises externalisatrices et une typologie décrivant les adaptations typiques que peuvent adopter ces organisations dans la mise en pratique des projets d'externalisation.

Les principaux enseignements tirés de cette thèse montrent que des stratégies d'externalisation de la maintenance efficaces existent, elles ont leurs limites, mais elles peuvent être améliorées. Ces stratégies peuvent être vulgarisées au niveau national pour permettre aux entreprises d'améliorer les résultats de performance liée à la sécurité et la sûreté de fonctionnement.

Le point à retenir à l'issue de ce travail est que le processus d'externalisation de la maintenance n'est pas une chose à prendre à la légère, tous les éléments relatifs aux processus décisionnel et de façon générale à l'ensemble du périmètre de l'entreprise et de ses partenaires doivent être pris en compte. Une externalisation inappropriée peut avoir en effet des conséquences négatives très importantes pour l'entreprise. Pour aboutir à la meilleure prestation possible et faire face à des enjeux et des problématiques toujours plus nombreux pour les différents acteurs, ceux-ci doivent mettre en place une collaboration très poussée, en parfaite synergie à travers des partenariats forts.

### **Perspectives de la recherche :**

Après avoir souligné les apports de notre thèse, nous allons en présenter les points de prolongement. Tout d'abord, notre projet de recherche s'est intéressé aux critères de sécurité et de sûreté de fonctionnement reflétant les indicateurs de performance liés aux stratégies d'externalisation de la maintenance que nous avons jugés les plus pertinents, quoiqu'il en existe une multitude. Ce choix s'explique par le fait que nous n'avons pris en compte que la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles ayant un impact direct sur la compétitivité de l'entreprise. En effet, le système décisionnel que nous avons étudié se trouve dans un champ d'action délimité qui n'a pas pris en compte la notion de coopération qui peut exister entre le donneur d'ordre et le prestataire de service.

D'autre part, l'hétérogénéité des secteurs d'activités et la multitude des activités de maintenance externalisées choisis lors de notre enquête peut être considérée par certains

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

comme étant l'une des limites de ce présent travail. Cette limite fera que la généralisation des résultats ne pourra se faire que partiellement et ceci suivant l'opinion subjective de l'utilisateur et le secteur d'activité auquel il appartient.

De plus, il est judicieux de mentionner la limite relative aux méthodes de recueil des données, lesquelles ont été collectées à un instant donné. En effet, l'avis de l'expert peut varier dans le temps. Ainsi, une analyse longitudinale réalisée avec des répondants identiques sur deux périodes distinctes, aurait permis de mesurer cette évolution.

Nous ne prétendons pas avoir cerné toutes les limites de cette thèse, elle en comporte certainement d'autres. Toutefois, le traitement de celles que nous venons de caractériser, représente un potentiel de travaux de recherche qui n'est pas négligeables.

Concernant la continuité du déploiement d'extension de la réflexion analytique et des démarches et outils, nous croyons possible à partir de notre travail d'ouvrir des perspectives de recherche, telles que :

- L'évaluation expérimentale d'un système interactif au sein de bon nombres d'entreprises externalisatrices, afin de juger la capacité de détection et la pertinence des cas retrouvés par le système d'aide à la décision ;
- La nécessité de planifier la mise en œuvre des actions d'adaptation sur une cinquantaine d'entreprises au moins.

# **BIBLIOGRAPHIE**

---

- AFIM, 2007. Guide national de la maintenance, AFIM, Paris.
- AFNOR, 2003. Management de projet - Gestion du risque - Management des risques d'un projet, Projet Afnor X50-117, avril, 2003.
- AFNOR, 2002. Norme FD X 60-000 Maintenance industrielle, Fonction maintenance, AFNOR, Paris.
- AKSISSOU, A., 2006. Quelle démarche pour l'externalisation? Une approche exploratoire. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme du Cycle Supérieur de Gestion, Institut Supérieur de Commerce et d'Administration des Entreprises.
- ALEXANDER, M., & YOUNG, D., 1996. Outsourcing: where's the value? Long Range Planning, 29(5), pp. 728-730, 1996b.
- ALDEMIR T., D.W. MILLER, M.P. STOVSKY, J. KIRSCHENBAUM, P. BUCCI, A.W. FENTIMAN, MANGAN, L.T., 2006. Current state of reliability modeling methodologies for digital systems and their acceptance criteria for nuclear power plant assessments. NUREG/CR-6901, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2006.
- AMALBERTI, R., 1996. La conduite des systèmes à risques, PUF, collection le travail humain, Paris.
- ANG, S., CUMMINGS, L.L., 1997. Strategic response to institutional influences on Information systems Outsourcing, Organization Science, 8, p. 235-255.
- ARREGLE, J.L., 2000. L'approche fondée sur les ressources, Les nouvelles approches de la gestion des organisations, édité par Arrègle J-L., Cauvin E., Ghertman M., Grand B. et Rousseau P., Economica, Paris, p. 193-238.
- AVIZIENIS, A., J.C. LAPRIE, RANDELL, B., 2001. Fundamental Concepts of Dependability, LAAS-CNRS, Technical Report N01145, Apr. 2001.
- AVIZIENIS, A., J.C. LAPRIE, B. RANDELL, LANDWEHR, C., 2004. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol.1, pp. 11-33, 2004.
- BARNEY, J., 1991. Firm resources and sustained competitive advantage, Journal of Management, vol. 17, p. 99-120.
- BARREYER, P.Y., BOUCHE, M., 1982. Pour une meilleure compétition fondée sur la solidarité inter-entreprises : les politiques d'impartition, Revue Française de Gestion, pp 8-17, 1982.
- BARTHELMY, J., 2000. L'externalisation au cœur du métier, L'expansion Management Review, 2000.
- BARTHELEMY, J., 2001. Stratégies d'externalisation, Dunod, 2001.
- BARTHÉLEMY, J., 2003. The seven deadly sins of outsourcing, Academy of Management Executive, 17(2), pp. 87-100, 2003.
- BARTHELEMY, J., 2007. Stratégies d'externalisation : préparer, décider et mettre en œuvre l'externalisation d'activités stratégiques, 3ème édition, Dunod, Paris.
- BLUMBERG, D.F., 1998, Strategic assessment of outsourcing and downsizing in the service market, Managing Service Quality, 8(1), pp. 5-18, 1998.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- BOURRIER, M., 1999. Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation, PUF, Paris.
- BRAGG, S., 1998. Outsourcing: A guide to selecting the correct business unit, negotiating the contract and maintaining control of the process, New York: John Wiley & Sons, 1998.
- BRAVARD, J.L., MORGAN, R., FRERY, 2007. Réussir une externalisation, Pearson Education, Paris, 2007.
- BRENET, P., 2000, Stratégies d'essaimage des grandes entreprises et création de PME, Vème Congrès International Francophone sur la PME, Lille, octobre 2000.
- BROUSSE F.,. Gérer les risques liés aux projets d'externalisation. Revue banque magazine, n°658, 2004.
- CHATER, Y., DAKKAK, B., TALBI, A.,. Développement d'une démarche d'externalisation de la maintenance, Actes de la 7ème conférence Internationale de la Conception et Production Intégrées, ENSA Oujda Maroc, Octobre 2011.
- CHATER, Y., DAKKAK, B., TALBI, A.,. Elaboration d'une matrice d'aide au choix à l'externalisation de la maintenance. Actes de la 1<sup>ère</sup> Conférence Internationale du Génie Industriel et Management des Systèmes. Avril 2012 à FST de Fès.
- CHATER, Y., DAKKAK, B., TALBI, A. Le choix du contrat pour une meilleure externalisation de maintenance. 1<sup>er</sup> Colloque International sur Le Monitoring des Systèmes Industriels (CIMS). 19-20 Décembre 2012 ENSA Marrakech.
- CHATER, Y., DAKKAK, B., TALBI, A., BOURAS, B.. Contribution à l'élaboration d'un processus d'externalisation de la maintenance. Revue française de gestion industrielle Volume 32, N° 3/2013
- CONNER, K.R., & PRAHALAD, C.K., 1996. A resource-based theory of the firm: knowledge vs. Opportunism, Organization Science, vol. 7, n° 5, 1996, p. 477-501.
- COURTOT, H., 1998. La Gestion des Risques dans les Projets, Economica, 1998.
- DAUPHINE, A., 2001. Risques et catastrophes. Armand Colin, Paris
- DAVIDSON, G.K., 2005. Emerging trends and early lessons in public-sector HR outsourcing, Employment Relations Today, 31(4), pp. 31-37, 2005.
- DE CONINCK, F., 1995. Travail intégré, société éclatée, Presses universitaires de France, Paris.
- DELERUE, H., 2004. Performance des alliances : une gestion duale du risque relationnel. 13<sup>ème</sup> conférence de l'AIMS. Normandie. Vallée de Seine 2,3 et 4 juin 2004.
- De GROOTE, M.P., 1993. Maintenance : au cœur de l'activité industrielle. Dossier maintenance. Industrial systems.
- DEKKER, S.W.A., 2004. Ten questions about human error: a new view of human factors and system safety, chap 7 Why don't they follow the procedures? Lawrence Erlbaum association, Mahwah, NJ.
- DESROCHES, A., BAUDRIN, D., DADOUN, M., 2009. L'analyse préliminaire des risques. Edition Hermès – Lavoisier, 2009.
- DESREUMAUX, ROMELAER, 2001. Investissement et Organisation, Images de l'Investissement, ouvrage coordonné par Gérard Charreaux, Edition Vuibert, 2001.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- ELFEZAZI, S., MOKHLIS, A., BENMOUSSA, R., HHACHKAR M., TALBI A., BOUAMI, D., 2003. Vers un outil, basé sur l'analyse fonctionnelle, pour la mise en œuvre des indicateurs de mesure de performance de la fonction maintenance. *Revue Française de Gestion Industrielle (RFGI)* – Vol 22, n° 3, 2003.
- ERNST & YOUNG, 2003. Baromètre outsourcing 2003: pratiques et tendances du marché de l'externalisation en France.
- FAUCHER, J., 2004. Pratique de l'AMDEC : Assurez la qualité et la sûreté de fonctionnement de vos produits, équipements et procédés, Usine nouvelle, Dunod, Paris.
- FAUCHER, J., 2009. Pratique de l'AMDEC (2ème édition), Editeur Dunod, 17 juin 2009.
- FAVERGE, J.M, 1970. L'homme agent de fiabilité et d'infirmité, *Ergonomics*, 13, 3, p301-327.
- FAVERGE, J.M, 1980. Le travail en tant qu'activité de récupération. *Bulletin de psychologie*, 33.
- FIMBEL, E., Avril- Mai 2003. Nature, enjeux et effets stratégiques de l'externalisation : éléments théoriques et empiriques, *Revue Française de Gestion*. Vol. 29, N°143.
- FIMBEL, E., 2002. Externalisation: discriminations et facteurs de succès, *Expansion Management Review*, numéro 104, pp. 60-69, mars 2002.
- FONTAINE, 2002, Les aspects juridiques de l'Outsourcing, Bruylant, 2002.
- FRANCASTEL, J.C, 2005. Externalisation de la maintenance stratégie – méthodes – contrats, 2ème édition, Dunod, Paris.
- FRERY, LAW-KHENG, 2007. La réinternalisation, chaînon manquant des théories de la firme, *Revue Française de Gestion*, n°177, 2007/2008, pp.163-179.
- GALANAKI, E., PAPALEXANDRIS, N., 2005. Outsourcing of human resource management services in Greece, *International Journal of Manpower*, 26(4), pp. 382 -396, 2005.
- GEIBEN, B., NASSET, J.J., 1998. Sécurité-Sûreté: la gestion intégrée des risques dans les organisations, Editions Organisation, Paris.
- GHEERAERT R.. Le phénomène de l'externalisation logistique aujourd'hui en France et le positionnement stratégique des prestataires de services logistiques en étroite synergie avec les industriels à travers des partenariats forts". *Mastère de l'Université Paris1*, Septembre 2010.
- GILLEY, KM., MCGEE, JE., RASHEED, A., 2004. Perceived environmental dynamism and managerial risk aversion as antecedents of manufacturing outsourcing: the moderating effects of firm maturity, *Journal of Small Business Management*, 42(2), pp. 117-133, 2004a.
- GILLEY, KM., RASHEED, A., 2000. Making more by doing less: an analysis of outsourcing and its effects on firm performance, *Journal of Management*, 26(4), pp. 763-790, 2000.
- GRUSENMEYER, C., 2005a. Les accidents du travail liés à la maintenance, importance et caractérisation, *Cahiers de notes documentaires*, 4ème trim 2005, INRS, Paris.
- GRUSENMEYER, C., 2005b. Les accidents de travail liés à la maintenance, *Etude bibliographique, les notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 2005, 248, Vandoeuvre, 68p, Paris
- GUENNOUN, M., TALBI, A., 2012. Identification et classification des risques selon la typologie des entreprises, *Actes de la 1ère Conférence Internationale du Génie Industriel et Management des Systèmes*, Fès, Maroc, Avril 2012.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- GUILLERM, R., N. SADOU, DEMMOU, H., 2011. Combining FMECA and Fault Trees for declining safety requirements of complex systems, European Safety and Reliability Conference (ESREL), 2011.
- HALE, A.R, SWUSTE P., 1998. Safety rules: procedural freedom or action constraint?, Safety science, Vol 29, issue 3, august 1998, 163-177.
- HALL & CURIE, 2000. Externaliser 2000, Salon de l'externalisation des fonctions et services, (page www), 2000.
- HAMEL, G., PRAHALAD, C.K., 1994. Competing for the Future, Boston: Harvard Business Press, 1994.
- IDDIR, O, 2008. Le nœud papillon : une méthode de quantification du risque majeur, Techniques de l'ingénieur, Base documentaire techniques et scientifiques.
- INRS, 1999. Face aux accidents, analyser, agir, INRS, Paris.
- JARDINE, A., 1987. Maintenance, replacement and reliability, Pitman, Boston, MA, 1987..
- JOURNE, B., 2001. La prise de décision dans les organisations à haute fiabilité : entre risque d'accident et risque bureaucratique, cahiers de l'Artémis, Organisation et stratégies industrielles, n°3, 2001, p101-126.
- JURISON, J., 1995. The role of risk and return in information technology outsourcing decisions, Journal of Information Technology, 10(4), pp. 239-248, 1995.
- KAKABADSE, A., KAKABADSE, N., 2003. Outsourcing best practice: transformational and transactional considerations, Knowledge and Process Management, 10(1), pp60-71, 2003.
- KEYSER, V.de, 1982. Les activités mentales dans le processus de production fortement informatisé, le Travail Humain, 45, 2 p208-219.
- KLAAS, S., 2003. Professional Employer Organizations and Their Role in Small and Medium Enterprises: The Impact of HR Outsourcing, Entrepreneurship Theory & Practice, 28(1), pp. 43-61, 2003.
- LACITY, M.C., HIRSCHHEIM, R., 1993. The information systems outsourcing bandwagon, Sloan Management Review, Vol.35, pp.73-87, 1993.
- LANDY, G., 2007. AMDEC : Guide pratique, Edition AFNOR 2007.
- LANNOY, A., 2008. Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement : repères historiques et méthodologiques, Collection Sciences du risque et du danger, série Notes de synthèse et de recherche, 128p. janvier 2008.
- LAPRIE, J.C., J. ARLAT, J.P. BLANQUART, A. COSTES, Y. CROUZET, Y. DESWARTE, J.C. FABRE, H., GUILLERMAIN, M., KAANICHE, K., KANOUN, C., MAZET, D., POWELL, C., RABEJAC, P., 1995. Thévenod, Guide de la sûreté de fonctionnement, Editions Cépaduès, Toulouse, mai 1995, 369 p.
- LAPRIE, JC., 1996. Guide de la sûreté de fonctionnement, 2nde édition, éditions Cépaduès, Toulouse.
- LAURENT, A., 2003. Sécurité des procédés chimiques, Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- LAVINA, Y., 2005. Amélioration continue en maintenance, éditions Dunod.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- LAVINA, Y., 2008. Réussir une opération d'externalisation de sa maintenance, Actes de la conférence du salon Maintenance Expo., Paris.
- LEDOUX, J., GAUDOIN, O., 2007. Modélisation aléatoire en fiabilité des logiciels. Ed Hermes Science Publications, 2007.
- LEE, W.S, GROSH, D.L, TILLMAN, F.A., LIE C.H., 1985. Fault tree analysis, methods, and applications - A review. IEEE Transactions on Reliability, August 1, 1985; ISBN 0018-9529; r-34, page 194-203.
- LEPLAT, J., ET DE TERSSAC, G., 1990. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes, éditions Octarès, Marseille.
- LEROY, A., SIGNORET, J.P., 1992. Le risque technologique, collection Que sais-je ? PUF, Paris.
- LONSDALE, C., & COX, A., 1998. Outsourcing: A business guide to risk management tools and techniques, London: Earls gate Press, 1998.
- M2OS, 2010. Groupe de travail Management, Méthodes, Outils, Standards (M2OS), Fiches méthodes, Institut pour la Maîtrise des Risques (IMdR), septembre 2010.
- MACNEIL, I.R., 1978. Contracts: adjustments of long-term economic relations under classical, neoclassical and relational contract law, Northwestern University Law Review, vol. 72, n° 6, 1978, p. 854-905.
- MAGNE, L., VASSEUR, D., 2006. Risques industriels complexité, incertitude et décision : une approche interdisciplinaire, éditions tec et doc, Lavoisier, Paris.
- MARTIN, A., 2002. La R&D externe : un apport supplémentaire de ressources pour l'entreprise, Mémoire DEA – IAE Lille, 2002.
- MCDONALD, N., CORRIGAN, S., WARD, M., 2002. Well-intentioned people in dysfunctional systems, Keynote presented at 5th workshop on human error, safety and systems development, Newcastle, Australia.
- MEDEF, 2002. l'Institut Esprit Service, Charte de l'externalisation du Comité de Liaison des Services. « Management de l'Externalisation », Guide Européen. p. 15.
- MEIER, O. 2007. Gestion du changement, éditions Dunod.
- MONCHY, F., PICHOT C., 2003. Maintenance Méthodes et organisations, Dunod, Usine Nouvelle, Paris.
- MORTUREUX, Y., 2002. Analyse préliminaire des risques, Technique de l'ingénieur, Octobre 2002.
- MOSCATI, B., 2003-2004. Le contrat d'Externalisation, Université de Droit, Paris II Panthéon Assas, mémoire DESS.
- MOUSS, N., MOUSS, H., SMADI, H., 2003. Maintenance et production: une approche d'intégration, Phoebus 26. 3ème trimestre, 2003, p164-167.
- NUNES, P., 1991. Les opérations de PMisation: pratique ou stratégie?, Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès-France, Grenoble II, Ecole Supérieure des Affaires.
- POYET, C., 1990. L'homme agent de fiabilité dans les systèmes informatisés, dans Leplat & de Terssac, Les facteurs humains de la fiabilité, 1990, Octarès Toulouse.



## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- QUELIN, B., DUHAMEL, F., 2003. Bringing together strategic outsourcing and corporate strategy: outsourcing motives and risks, *European Management Journal*, 21(5), pp. 647-661, 2003.
- QUELIN B., L'externalisation : de l'opérationnel au stratégique. *Revue Française de Gestion*, Vol.33, n°177, 113-128, 2007.
- QUINN, J.B., HILMER, F.G., 1994. Strategic outsourcing, *Sloan Management Review*, pp. 43-55, 1994.
- RASMUSSEN, N., 1975. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risks in U.S., Commercial Nuclear Power Plants, WASH-1400, October 1975.
- REYNAUD, J.D., 1989. Les règles du jeu, Armand Colin, Paris.
- ROGOVIN, M., 1979. Three Mile Island: a report to the commissioners and to the public, Technical Report, Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (USA), January 1979.
- SIEGEL, G.B., 2000. Outsourcing Personnel Functions, *Public Personnel Management*, 29(2), pp. 225-236, 2000.
- SHARIF, M., ZAKARIA, N., CHING L., FUNG L., 2005, Facilitating knowledge sharing through lessons learned system (electronic version). *Journal of Knowledge Management Practice*, 12. 149
- SKYTE, 2001. L'externalisation des services de TI, page (www) ; [www.unionnetwork](http://www.unionnetwork). Solidarité inter-entreprises : les politiques d'impartition, *Revue Française de Gestion*, pp 8-17, 1982.
- SOURIS, JP., 1993. La maintenance source de profit, Editions d'organisation, Paris.
- ST-MARSEILLE, M., LAPOINTE, J.B., 1997. La gestion des équipements, vers l'entretien préventif. Guide pour la PME 2ème édition.
- TERRIER, N., 2002. La maintenance, DESS Quassi, département qualité.
- THEBAUD-MONY, A., 1993. Sous-traitance, rapports sociaux, citoyenneté, santé. *Travail*, 28, Printemps, 1993.
- TOWNSEND, A., 1992. Maintenance of process plant, Institution of chemical engineers Rugby, Warwickshire, UK.
- VENKATESAN, V. 1993. Faire ou faire faire, un choix stratégique, Harvard - L'expansion, n°68, pp.45-56, 1993.
- VESELY, W. E., ROBERTS N. H., 1987. Fault Tree Handbook, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Government Printing Office, 1987.
- VILLARREAL, L., DUPONT, L., GOURC, D., and PINGAUD, H., 2005. Contributing to management of shared projects in SMEs clusters. *Proceedings of the 18th International Conference on Production Research*, Salerno, Italy, 2005.
- VILLEMEUR, A., 1988. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Eyrolles, Paris.
- VISINTINI, G., 1987, Comment augmenter sa productivité par la maintenance, éditions du moniteur, Usine Nouvelle, Paris.
- WALKER, G., WEBER, D., 1984. A transaction cost approach to make or buy decisions, *Administrative Science Quarterly*, Vol 29, pp. 373-391, 1984.

## **Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles**

- WATSON, H.A., 1961. Launch Control Safety Study, section VII Vol. 1, Bell Labs, Murray Hill, NJ, 1961.
- WICKHAM, S., 1996. Scénarios de contraction rentables, Gestion 2000, Vol.12, n°2, p.29, 2000.
- WILDAVSKY, A., 1988. Searching for Safety, The social philosophy and policy center, Transaction books, New Brunswick.
- WILLIAMSON, O., 1985. The economic institutions of capitalism, Free Press, New York, 1985.

# **ANNEXES**

---

Fès, le : 02/Septembre/2013

De **Youness CHATER** : Doctorant en Génie Industriel et Productique

Tél : 0669306769

E-mail : youness.chater@gmail.com

A Monsieur le Responsable du service Maintenance

Objet : Demande de collaboration scientifique

Madame, Monsieur,

Ce présent questionnaire s'inscrit dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat en Génie Industriel et Productique, au sein du Laboratoire de Productique, Energétique et Développement Durable à l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès, sous la direction du **Professeur Abdennebi TALBI** et ayant pour thème: « **Impact de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles** ».

En répondant à ce questionnaire, vous contribuez à la collecte des informations suivantes :

- ☒ Les caractéristiques de votre firme ;
- ☒ Votre perception des stratégies d'externalisation de la maintenance adoptées au sein de votre entreprise ;
- ☒ Votre degré d'engagement à une telle culture ;
- ☒ Et enfin, votre degré de satisfaction suite à l'adoption de ces stratégies au sein de votre entreprise.

Ce questionnaire a pour objectif donc de vous permettre d'exprimer votre opinion, conjointement, sur l'apport et les risques des stratégies d'externalisation de la maintenance.

La présente enquête entre dans le cadre d'une recherche scientifique, dont la réussite dépend largement de votre précieuse collaboration et de vos remarques. Les données recueillies de ce sondage seront utilisées et divulguées seulement pour des fins scientifiques. Le rapport final de cette étude vous sera communiqué afin d'en profiter.

Dans l'attente de votre réponse je vous prie, Madame, Monsieur d'agréer nos salutations les plus distinguées.

Youness CHATER

# Questionnaire

## **Identification de la société :**

Dénomination : .....

Raison sociale : .....

Date de création : .....

Secteur d'activité : .....

Produits fabriqués : .....

Effectif total : .....

Effectif de la maintenance : .....

## **Identification du répondant :**

Nom : .....

Nombre d'années d'expérience : .....

Formation : .....

Fonction : .....

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

1. A partir de l'analyse de la situation de votre entreprise, veuillez SVP évaluer en choisissant une note de 1 à 6 dans la case correspondante, selon le degré criticité du risque d'externalisation de la maintenance.

| Nature du risque                | Evaluation |
|---------------------------------|------------|
| Risque Relationnel / Humain     |            |
| Risque Financier                |            |
| Risque Technique                |            |
| Risque Social / Organisationnel |            |
| Risque Juridique                |            |
| Risque Stratégique              |            |

2. Veuillez classer par ordre de criticité (15 : Plus critique et 1 : Moins critique) les couples de risques, liés à l'externalisation de votre maintenance, présentés ci-dessous :

| Risques                                                                          | Evaluation |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Risque Relationnel / Humain<br>Risque Financier                                  |            |
| Risque Relationnel / Humain<br>Risque Technique                                  |            |
| <i>f</i> Risque Relationnel / Humain<br><i>f</i> Risque Social / Organisationnel |            |
| <i>f</i> Risque Relationnel / Humain<br><i>f</i> Risque Juridique                |            |
| <i>f</i> Risque Relationnel / Humain<br><i>f</i> Risque Stratégique              |            |
| <i>f</i> Risque Financier<br><i>f</i> Risque Technique                           |            |
| <i>f</i> Risque Financier<br><i>f</i> Risque Social / Organisationnel            |            |
| <i>f</i> Risque Financier<br><i>f</i> Risque Juridique                           |            |
| <i>f</i> Risque Financier<br><i>f</i> Risque Stratégique                         |            |
| <i>f</i> Risque Technique<br><i>f</i> Risque Social / Organisationnel            |            |
| <i>f</i> Risque Technique<br><i>f</i> Risque Juridique                           |            |
| <i>f</i> Risque Technique<br><i>f</i> Risque Stratégique                         |            |
| <i>f</i> Risque Social / Organisationnel<br><i>f</i> Risque Juridique            |            |
| <i>f</i> Risque Social / Organisationnel<br><i>f</i> Risque Stratégique          |            |

## Impacts de l'externalisation de la maintenance sur la sécurité et la sûreté de fonctionnement des installations industrielles

|                                                          |  |
|----------------------------------------------------------|--|
| <i>f</i> Risque Juridique<br><i>f</i> Risque Stratégique |  |
|----------------------------------------------------------|--|

3. Veuillez cocher la(les) case(s) qui correspond(ent) aux solutions que vous proposez pour les risques suivants :

| Solutions proposées<br><br>Risques rencontrées | Continuer<br>l'externalisation | Changer de<br>fournisseur | <i>f</i> Ré-internaliser<br>l'activité | Continuer<br>l'externalisation<br>autrement |
|------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Risque Relationnel / Humain</b>             |                                |                           |                                        |                                             |
| <b>Risque Financier</b>                        |                                |                           |                                        |                                             |
| <b>Risque Technique</b>                        |                                |                           |                                        |                                             |
| <b>Risque Social / Organisationnel</b>         |                                |                           |                                        |                                             |
| <b>Risque Juridique</b>                        |                                |                           |                                        |                                             |
| <b>Risque Stratégique</b>                      |                                |                           |                                        |                                             |

4. Propositions d'amélioration :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Merci pour votre collaboration !**