

La place de l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) dans l'industrie

Sahbani Mansour

Département Sciences Économiques et de Gestion, Institut Supérieur des Études Technologiques de Béja.

Avenue de l'environnement BP 244 Béja 9000 Tunisie

Sahbani18_2006@yahoo.fr

Résumé—Cet article s'inscrit dans le cadre de la recherche appliquée, il a pour objectif de mettre en application la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) dans un environnement industriel de production, plus précisément au sein d'une société industrielle opérant dans le secteur de tricotage et de confection de vêtements. L'AMDEC est un des outils de l'amélioration continue. Elle permet d'obtenir la qualité par une action préventive plutôt que curative. Le principe de base de l'AMDEC est de réaliser une étude fondée sur le travail de groupe, destinée à mettre en évidence le plus tôt possible les défaillances potentielles sous-jacentes d'une étude. L'objectif de notre travail de recherche, sera dans un premier temps, de déterminer les niveaux de criticité de sous-ensembles de processus de confection de la société Chiba Style. Dans un deuxième temps, on les hiérarchisera afin de dresser les actions préventives et correctives qui s'imposent.

Mots clés—AMDEC, processus, indice de criticité, action préventive, action corrective.

I. INTRODUCTION

Le contexte économique actuel se caractérise par une concurrence internationale très vive. La recherche de la qualité est devenue un élément-clé de cette concurrence qui est dominée par une économie de l'offre.

Parmi les différents outils de la qualité, l'AMDEC tient une place de choix. D'abord largement utilisée par les constructeurs automobiles et leurs sous-traitants, elle est aujourd'hui pratiquée dans tous les secteurs d'activité. Son but est de prévenir les défaillances potentielles d'un produit, d'un processus de fabrication ou encore d'une organisation. La méthode s'appuie sur une analyse méthodique des risques potentiels qui permet de les hiérarchiser afin de traiter les plus importants de manière préventive [2].

Elle apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets [9].

Dans ce contexte, l'AMDEC, fondée sur la prévention, apporte une aide précieuse notamment lorsque l'exigence client est forte : elle s'appuie sur une méthodologie qui détaille avec rigueur toutes les étapes. Tout risque de défaillance est ainsi repéré et des actions correctives et préventives sont mises en place.

Pour cela, on cherchera à :

- identifier les causes de défaillances ;
- identifier leurs effets ;
- hiérarchiser les défaillances par une notation ;
- apporter des actions correctives en prévention.

Tout ça, pour améliorer le processus de confection de vêtements de la société Chiba Style.

Avant de passer à l'action, il est jugé nécessaire de commencer par un rappel théorique.

II. LA METHODE AMDEC

A. Histoire de L'ADMEC

L'AMDE ou Analyse des Modes de Défaillances est traduit de l'anglais « Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) » et provient d'études de la NASA en 1963[1].

La méthode fut ensuite appliquée à l'industrie automobile et aéronautique, qui y ajouta le concept de criticité des risques, modifiant la méthode sous sa forme courante, l'AMDEC ou « Analyse des modes de défaillances et de leur criticité » [4].

Il existe 3 grandes références fondatrices concernant la méthodologie AMDEC, à savoir :

L'AMDEC a été développée par l'armée américaine le 9 novembre 1949 sous la référence de MIL-D-1629 : « Procédures par l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leurs criticités.

En effet cette méthode a été mise au point pour permettre à l'armée de mesurer la fiabilité d'un instrument ou d'un système. Les défauts étaient classés en fonction de leurs impacts sur le personnel et la réussite de missions.

En 1988, un groupe de travail dont un membre, CHLYSLER a développé le QS 9000, équivalent d'ISO 9000 dans l'industrie automobile, pour standardiser le système qualité fournisseurs.

Les fournisseurs doivent utiliser l'AMDEC qui fait partie intégrante de la planification de la qualité du procédé et dans le développement de leur plan de contrôle.

En février 1993, l'Automobile Industry Action Group (AIAG) et l'American Society for Quality Control (ASQC) émettent les normes relatives à l'AMDEC. Ces normes consignées dans un manuel ont été approuvées et soutenues par trois constructeurs automobiles. Ce manuel fournit les principaux généraux de préparation de l'AMDEC.

B. Définition de l'AMDEC

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, en version française. FMEA : Failure Mode and Effects Analysis en version anglaise, ou FMCA en ajoutant Criticality au sigle initial.

Elle est basée sur une étude critique d'un système (processus, organisation), d'un produit, ou même d'un service. C'est une étude pluridisciplinaire devant regrouper des experts dans le domaine où se fait l'étude [2].

L'ADMEC est une méthode d'analyse préventive qui permet :

- la recherche des défauts (potentiels) du produit, engendrés par les processus ;
- l'évaluation des leurs effets ;
- l'identification des causes possibles ;
- la recherche d'actions correctives et ou préventives et leur mise en œuvre [2].

Elle est réalisée pour chaque phase de fonctionnement du système et attribue une note de criticité aux effets identifiés.

C. Les avantages de l'AMDEC

L'AMDEC présente plusieurs avantages :

- Elle est utilisable dans plusieurs secteurs ;
- Elle permet une bonne maîtrise des risques car permettant de mener des actions correctives ;
- Elle permet en commun des expériences des uns et des autres pour donner les meilleures solutions.

D. Les inconvénients de l'AMDEC

Bien que puissante dans l'analyse de la qualité d'un système, elle présente quelques inconvénients :

- Des coûts souvent élevés en début d'application ;
- Elle ne permet pas parfois de prendre en compte la combinaison de plusieurs défaillances ;
- Elle est parfois, difficile à animer car regroupant des responsables des secteurs qui ont souvent du mal à respecter les séances de travail ;
- La nécessité d'un brainstorming.

E. Les types de l'AMDEC

Il existe plusieurs types d'AMDEC, à savoir:

1) *L'AMDEC organisation* : C'est une étude qui s'applique aux différents niveaux de processus d'affaires : de premier niveau qui englobe les processus de gestion, d'information, de production, de gestion du personnel, du marketing et le processus financier jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

2) *L'AMDEC produit* : Elle est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet.

3) *L'AMDEC système ou moyen de production*: C'est une étude permettant d'analyser la conception et ou l'exploitation des équipements de production, pour améliorer leur fiabilité et leur disponibilité et parfois même leur sécurité.

4) *L'AMDEC service* : Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas des défaillances.

5) *L'AMDEC sécurité* : Elle a pour objectifs d'analyser les défaillances et les risques prévisionnels sur un équipement afin d'améliorer sa sécurité et sa fiabilité.

6) *L'AMDEC processus* : Elle permet de valider la gamme de fabrication d'un produit. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Autrement dit, elle permet l'analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de fabrication du produit.

Dans le cadre de notre travail, on s'intéresse à L'ADMEC processus (processus de confection).

F. Les étapes de la méthode AMDEC

L'étude AMDEC comporte deux aspects : un aspect quantitatif et un aspect qualitatif.

Ces deux aspects se déroulent en respectant les étapes suivantes :

1) *L'analyse fonctionnelle* : C'est là où la décomposition et l'analyse fonctionnelle de système est faite. Par analyse fonctionnelle, on entend la description externe et interne de système. Elle consiste à déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit à fabriquer, construire un schéma détaillé de processus et faire un plan de surveillance.

2) *L'identification du niveau de l'étude* : Elle consiste à dégager les causes de problème et mettre un plan à respecter. Cette étape sera préparée et définie par l'animateur et le pilote de groupe.

- L'animateur : c'est le garant de la méthode AMDEC. Il n'est pas forcément spécialiste du domaine, mais il doit au moins être parfaitement familiarisé avec le vocabulaire de la profession. Son rôle est de dérouler la procédure AMDEC et d'assurer le travail de groupe.
- Le pilote de groupe : c'est le garant d'analyse. Spécialiste de domaine, il connaît parfaitement le sujet traité. Il est capable de mettre les notes d'évaluation et trancher les conflits.

Les étapes suivantes devront se faire avec l'appui de quelques acteurs concernés par le problème à traiter.

3) *L'étude qualitative* : Celle-ci consiste à déterminer les modes de défaillances, à identifier les effets relatifs à chaque mode de défaillance, à analyser et à trouver les causes possibles et les causes les plus probables des défaillances potentielles.

Le mode de défaillance est la manière dont un système peut être conduit à mal fonctionner. Autrement dit, la façon par laquelle un système peut échouer dans l'accomplissement de la fonction de base. Cette étape consiste à poser la question suivante : « que peut-il arriver au système ? ».

Quelque soit le type de l'AMDEC, chaque mode de défaillance a un effet et une cause.

- **Effet** : c'est-à-dire quelle est sa conséquence pour le client ? une simple gêne, un coût, une panne...
- **Cause** : l'existence d'un mode peut être produite par plusieurs causes, et chaque cause est produite par plusieurs sous causes, etc. Il faut identifier l'arbre de défaillance jusqu'à la cause sur laquelle l'entreprise doit agir.

4) *L'étude quantitative* : Dans cette partie, on cherche à quantifier l'impact de ces défaillances sur le système ou sur le sous-système. Pour cela un certain nombre de critères d'analyse ont été définis, à savoir :

- **La fréquence d'apparition** : c'est la probabilité que la cause existe multipliée par la probabilité que cette cause crée une défaillance.
- **La gravité** : c'est l'évaluation de l'effet de non qualité ressenti par le client.
- **La détection** : c'est la probabilité de ne pas livrer une défaillance potentielle quand la cause existe. C'est-à-dire, détecter ou arrêter un mode potentiel de défaillance à travers les contrôles, les mesures, les calculs, mais aussi par les procédures et la formation des hommes.

5) *La hiérarchisation par criticité* : Le besoin d'une hiérarchisation permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance. La hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider des actions prioritaires.

6) *La recherche des actions préventives et correctives* : Après le classement de différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne le responsable de la recherche des actions préventives ou correctives.

Les outils tels que le diagramme de causes à effet, l'analyse de Pareto, le brainstorming, le travail en équipe doit être appliqué pour une recherche efficace.

En pratique, le groupe de travail s'attache à réduire l'indice de criticité par des actions qui visent :

- La réduction de la probabilité d'occurrence ;
- La réduction de la gravité de l'effet de défaillance ;

- La réduction de la probabilité de non détection.

7) *La réévaluation de la criticité* : Cette étape permet de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises.

8) *La présentation des résultats* : Pour pouvoir effectuer et appliquer l'AMDEC, il faut utiliser un tableau conçu spécialement pour le système étudié et préparé en fonction des objectifs recherchés.

III. APPLICATION INDUSTRIELLE

A. Présentation de la société

L'entreprise Chiba Style est une société à responsabilité limitée appartient au secteur de Tricotage et confection. Créée en Avril 1990 et implantée à la zone industrielle de Mahdia.

Le processus de fabrication de la société Chiba Style est un système qui comporte les étapes suivantes :

- **La réception des commandes** : La société Chiba Style reçoit la commande des sous-traitants. Elle prépare le dossier technique, la matière première et tous les outils et les accessoires nécessaires.
- **La planification de la production** : La planification ne contient que les matières à utiliser et les produits à préparer par la société.
- **Le lancement de fabrication** : Les commandes sont lancées en fabrication tout en respectant le dossier technique de fabrication.
- **La production** : La production se fait via un certain nombre d'étapes qui se présente comme suit :
- **Le tricotage** : les matelas coupés par la société Chiba Style sont désignés par des étiquettes qui contiennent la taille, le nombre de pièces.
- **La Confection** : l'étape de confection nécessite la coordination de l'effort de 2 intervenants qui sont le chef d'atelier et le contrôleur qualité.

La société Chiba Style fournit plusieurs modèles des vêtements. Dans notre étude, on a mis l'accent sur les modèles robe et pulls pour pouvoir analyser le déroulement de processus de confection qui va faire l'objet de la méthode AMDEC.

B. Détermination de modes de défaillance

Les problèmes les plus remarquables enregistrés dans la société Chiba Style, d'après l'étude de l'existant et l'application de la méthode « 5M », sont les suivants et qui sont en nombre de 10 :

- Défaut observable sur les pièces fabriquées à cause de l'absence de suivi par le responsable de production.
- Arrêt de production à cause du changement des outils de produit ou bien les attentes de matières ou d'informations
- Non compétence au niveau de la maîtrise des paramètres de chaque moyen de production.
- Problème au niveau de nuances de couleurs de tissu.
- Mauvaise organisation.
- Déséquilibre au niveau de charge de travail.

- Nombre de mécaniciens est insuffisant, ce qui engendre un gaspillage de temps.
- Déplacement de produit à cause de l'absence de moyen de transfert.
- Modification des flux des produits.
- Problème d'assemblage des pièces.

C. Evaluation des modes de défaillance

Dans cette partie, on cherche à quantifier l'impact de modes de défaillances recensés précédemment sur le processus de confection. Pour cela un certain nombre de critères d'analyse ont été définis.

1) Les grilles de cotation :

• Grille de cotation de la fréquence :

La fréquence : notée, F elle donne la périodicité de l'apparition de la défaillance, c'est-à-dire combien de fois la défaillance se manifeste-elle ?

Pour préparer la grille de cotation de la fréquence, on a suivi le processus de fabrication et on a détecté les problèmes qui se répètent plusieurs fois.

Notre comptage a porté sur 4 niveaux qui sont illustrés par le tableau I suivant :

TABLEAU I.GRILLE DE COTATION DE LA FREQUENCE

Défaillances	Niveau de fréquence	Indice
Moins d'une fois par jours	Rare	1
1 à 2 fois par jours	Peu fréquent	2
3 à 12 fois par jour	Fréquent	3
> 12 fois par jour	Très fréquent	4

• Grille de cotation de la gravité :

La gravité : notée G, c'est l'impact que cette défaillance a sur la production.

Après avoir connu, les effets des modes de défaillance, on a déterminé les niveaux de gravité .Ces derniers sont illustrés par le tableau II suivant :

TABLEAU II.GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE

Niveau de gravité	Indice
Pas d'arrêt	1
Arrêt inférieur à 10 minutes	2
Arrêt de production compris entre 30 minutes et 2 heures	3
Arrêt de production supérieur à 2 heures	4
Arrêt de production supérieur à 8 heures	5

• Grille de cotation de la détection :

La détection : notée D, c'est la capacité de déceler la défaillance. La question qui se pose est « quelle est la protection mise en place pour détecter la défaillance ? ».

Notre système de comptage a donné 4 niveaux qui sont illustrés par le tableau III suivant :

TABLEAU III.GRILLE DE COTATION DE LA DETECTION

Détection	Indice
Détection évidente	1
Détection possible	2
Détection difficile	3
Détection très difficile	4

2) L'indice de criticité :

L'indice de criticité noté (IC), appelé aussi sévérité (S) ou indice de priorités risques (IPR) ou niveau de priorités risques (NPR). Il s'obtient par le produit de cotations de gravité, fréquence et détection. $IC = G \times F \times D$.

Il est à noter que dans le cadre de notre travail, on a choisi l'échelle de criticité suivante :

- Critique >18
- Moins critique : $16 \leq IC \leq 18$
- Faible criticité <16

De plus, on a considéré comme critique les critères d'évaluation (fréquence, gravité et détection) dans les cas suivants:

- $F \geq 3$
- $G \geq 4$
- $D \geq 4$

Il est à noter que le choix de grille de cotation diffère d'une entreprise à une autre.

Le tableau IV suivant récapitule les différents calculs (la fréquence, la gravité, la détection, l'indice de criticité) relatifs aux 10 modes de défaillances cités précédemment.

TABLEAU IV.GRILLE D'INDICE DE CRITICITE

Mode de défaillance	Fréquence	Gravité	Détection	IC
1	4	3	2	24
2	3	3	2	18
3	3	3	3	27
4	4	3	2	24
5	2	2	2	8
6	3	2	1	6
7	3	3	2	18
8	4	2	1	8
9	2	2	2	8
10	4	2	2	16

On remarque que les modes de défaillance sont regroupés en trois zones de risques selon l'échelle de criticité qu'on a définie.

Le tableau V suivant récapitule cette répartition.

TABLEAU V. REPARTITION DE MODES DE DEFAILLANCES

	<16	16 ≤ IC ≤ 18	18 >
Mode de défaillance	5 ; 6 ; 8 ; 9	2 ; 7 ; 10	1 ; 3 ; 4

Cette hiérarchisation de modes de défaillances nous a permis de faire le bilan des propositions d'actions qui vont faire l'objet du paragraphe suivant.

D. La recherche des actions préventives et correctives

Après l'étape de l'évaluation des modes de défaillances, une réunion a été faite. À l'issue de cette réunion, On a pris soin de documenter les solutions préventives et correctives, en termes de faisabilité, de coût, de délais de mise en œuvre.

Le tableau VI suivant résume les principales solutions proposées.

TABLEAU VI. PROPOSITION DE SOLUTIONS

Défaillance	Solutions proposées
1	- Amélioration de contrôle qualité des pièces - Formation des opérateurs avec suivi
2	- Offrir les outils nécessaires près de chaque poste pour minimiser le gaspillage de temps - Délimiter les pauses : une seule pause pour le repas.
3	-Faire des affiches d'instruction
4	-Rédaction d'un cahier de charge en respectant les exigences des clients
5	-Délimiter les tâches pour chaque opérateur
6	-Aménagement du poste de travail
7	-Construire une fiche suiveuse par opérateur
8	-Garantir les moyens de transfert par opérateur
9	-Acquérir plus de machines
10	-Offrir les moyens de Transfert pour faciliter le déplacement des matières premières et les produits finis

E. Suivi des actions et réévaluation

Après la mise en œuvre des solutions, il est impératif de vérifier si les objectifs visés sont bien atteints, notamment en ce qui concerne les indices de criticité.

Le tableau VII suivant récapitule les principaux résultats obtenus après la mise en œuvre des solutions.

TABLEAU VII. INDICE DE CRITICITE APRES ACTIONS

Mode de défaillance	Fréquence	Gravité	Détection	IC
1	3	2	1	6
2	2	2	1	4
3	1	2	2	4
4	3	2	1	6
5	2	1	1	2
6	2	1	1	2
7	2	2	1	4
8	1	1	2	2
9	2	2	2	8
10	1	2	2	4

Les résultats à ce stade de l'étude montre l'efficacité de la méthode AMDEC dans la gestion de processus de confection.

IV. CONCLUSION

Dans ce travail, on a mis l'accent sur l'aspect pratique et ceci par l'expérimentation de la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) dans une entreprise tunisienne spécialisée dans le tricotage et de confection de vêtements afin d'améliorer son processus de production et en particulier le processus de confection. Sachant que cette étude a été faite sur une période de six mois.

Dans la démarche qualité des entreprises, la méthode AMDEC représente un élément très important de la qualité des productions industrielles.

La démarche AMDEC s'appuie sur une analyse systématique des risques opérationnels. Les résultats obtenus à ce stade de l'étude, montrent l'efficacité de cette approche dans la réduction des risques relatifs au processus de confection.

Ces résultats n'ont de sens que lorsque les actions à la fois correctives et préventives sont mises en œuvre et dans un bref délai afin de mesurer l'impact de changements et de recorriger les valeurs de criticité.

REMERCIEMENTS

J'exprime mes profonds remerciements à tous les responsables de la société « Chiba Style » qui m'ont permis d'effectuer ce travail de recherche. Leurs soutiens, leurs confiances et leurs disponibilités m'ont permis de m'épanouir sereinement tout au long de cette étude.

J'adresse également mes vifs remerciements au responsable qualité Monsieur Ezzeddine Khelifi pour l'aide précieuse dans la mise en pratique de la méthode AMDEC.

RÉFÉRENCES

- [1] B.SENO, F.GILLET, La boîte à outils du responsable qualité, dunod, Paris, 2009.
- [2] D. Duret, M. Pillet, Qualité en production de l'ISO 9000 à Six sigma, eyrolles, 3^{ième} édition, 2001.
- [3] F.MOUSSA, C.KOLSKI, M. RIAHI, Analyse des dysfonctionnements des systèmes complexes en amont de la conception des IHM : apports, difficultés, et étude de cas. Revue d'Interaction Homme-Machine Vol 7 N°2, 2006.
- [4] G.LANDY, AMDEC Guide pratique, 2^{ième} édition, AFNOR.
- [5] H. Garin, AMDEC/AMDE/AEEL, L'essentiel de la méthode, Paris-La Défense AFNOR, 1994.
- [6] I. Verzea, M. Gabriel et D. Richet, MBF globale : une étape stratégique vers la TPM, Revue Française de Gestion Industrielle, Vol.18, n°2.
- [7] J.P. Souris, Maintenance source de profit, Les éditions d'organisation, 1990.
- [8] L.BIRONNEAU, D.P.MARTIN, G.PARISSE, Fiabiliser les données d'un système d'information de gestion par la méthode AMDEC : principes et études de cas, Revue Française de Gestion Industrielle Vol.29, n°4, 2010.
- [9] M. L. BOUANAKA, R. CHAIB, M. BENIDIR, M. BELLAOUAR, La maintenance basée sur la fiabilité : un outil puissant pour optimiser les politiques de maintenance, illustration dans un complexe moteurs-tracteurs, Sciences & Technologie B- N°31, Juin 2010, 35-40.
- [10] N.BELU, N.KHASSAWNEH, A.AL ALI, Implementation of Failure Mode, Effects and Criticality Analysis in the Production of Automotive Parts, QUALITY access to success Vol. 14, No. 13 5/August 2013.
- [11] S.BASSETTO, S. HUBAC, A.SIADAT, P.MARTIN, Méthode outillée employant les connaissances d'experts, Revue Française de Gestion Industrielle Vol.24, n°1, 2005.
- [12] QS-9000, Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) reference manual, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 1993.