

SOMMAIRE

La prévention et l'AMDEC.....	2
Historique et domaines d'application	2
Types d'AMDEC et définitions.....	3
Types.....	3
Définition d'un mode de défaillance, d'une cause de défaillance et de l'effet de cette défaillance.	3
Deux aspects de la méthode	4
Les étapes de la méthode.....	4
La constitution d'un groupe de travail.....	4
L'analyse fonctionnelle.....	8
L'étude qualitative des défaillances.....	10
L'étude quantitative.....	11
La hiérarchisation.....	12
La recherche des actions préventives/correctives.....	12
Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité.....	13
La présentation des résultats.....	13
conclusion.....	14

La prévention et l'AMDEC :

Les approches telles que l'inspection et le contrôle du produit ainsi que le contrôle statistique des procédés sont insuffisantes pour résoudre, prévenir et éviter les problèmes qui peuvent apparaître ultérieurement dans les différents systèmes du processus d'affaires d'une entreprise. Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC s'avère une méthode simple et très efficace. La méthode AMDEC est l'acronyme de « analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité » (Failure mode and effect analysis FMEA).

Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances d'un système, d'un processus d'un produit.

L'association française de normalisation AFNOR définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système (analyse des modes de défaillances), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

Historique et domaines d'application :

L'AMDEC a été créée aux états unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le système de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système.

Dans un contexte spécifique, cette méthode est outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. A la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo et Chrysler, et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique et plus récemment on commence à s'y intéresser dans les services. Dans le domaine de l'informatique la méthode d'analyse des effets des erreurs Logiciel (AEEL) a été développée.

Cette approche consiste en une transcription de l'AMDEC dans un environnement de logiciels.

Aujourd'hui, dans un contexte plus large comme celui de la qualité totale, la prévention n'est pas limitée à la fabrication. Il est maintenant possible d'anticiper les problèmes dans tous les systèmes du processus d'affaires et de rechercher à priori des solutions préventives. C'est pourquoi l'application de l'AMDEC dans les différents systèmes du processus d'affaires est très

utile, souvent même indispensable. Cette méthode est donc considérée comme un outil de la qualité totale.

Types d'AMDEC et définitions :

Types:

L'amdec produit ou amdec projet est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique l'amdec composants

L'amdec processus s'applique à des processus de fabrication. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être aussi utilisée pour les postes de travail.

L'amdec moyen s'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils de mesure des logiciels et des systèmes de transport interne.

Définition d'un mode de défaillance, d'une cause de défaillance et de l'effet de cette défaillance :

Par défaillance on entend simplement qu'un produit un composant ou un ensemble :

Ne fonctionne pas ;

Ne fonctionne pas au moment prévu ;

Ne s'arrête pas au moment prévu ;

Fonctionne à un instant non désiré ;

Fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues ;

Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition :

Déformation ;

Vibration ;

Coincement ;

Desserrage ;

Corrosion ;

Fuite ;

Perte de performance ;

Court-circuit ;

Flambage ;

Ne s'arrête pas ;

Ne démarre pas ;

Dépasse la limite supérieure tolérée, etc.

Une cause de défaillance est évidemment ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour les corriger. Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service.

Deux aspects de la méthode: L'aspect qualitatif et quantitatif:

L'aspect qualitatif de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

L'aspect quantitatif consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

Les étapes de la méthode :

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes (figure 1). Comme dans plusieurs démarches, il y a une phase préparatoire qui consiste en une collecte de données pour réaliser l'étude, la mise sur pied d'un groupe de travail et la préparation des dossiers, tableaux, logiciels.

La constitution d'un groupe de travail :

Il s'agit de constituer l'équipe multidisciplinaire qui aura à réaliser l'étude. Les personnes impliquées dans une équipe amdec-processus, par exemple, représentent les services de recherche et développement, des achats, du marketing, de la maintenance, de la qualité, des méthodes et de

la fabrication. La présence d'un animateur bien formé à des techniques spécifiques de la démarche et du travail en équipe est une condition de succès de l'application de la méthode.

Un exemple intéressant de la constitution d'une équipe amdec-produit est donné par la société Garrett Automotive Ltd (GAL). La société a été qualifiée comme l'un des meilleurs fournisseurs de Ford ; elle a reçu le prix « Queens Award for Export » au royaume uni. Cette entreprise a mis sur pied un programme d'enseignement de la qualité totale (Teaching Company Programme) incluant la méthode AMDEC. Chez Garrett les membres d'une équipe AMDEC proviennent de différents services.

La préparation de l'amdec-produit est sous la responsabilité de l'ingénieur de produit.

Avant la réunion de l'équipe, il prépare les six premières colonnes du tableau AMDEC (voir le tableau 1) : le numéro de chaque pièce, sa fonction, les modes de défaillance potentielle, les causes possibles, les effets potentiels, les vérifications courantes de conception. Au début de la réunion, l'équipe analyse chacun des éléments du document pour s'assurer que rien ne manque. Les autres membres d'équipe sont :

Le représentant des ventes qui est l'interface entre l'entreprise et le client. Il fournit à l'équipe les informations nécessaires sur les besoins et attentes du client.

Le représentant du service qualité qui joue le rôle de facilitateur ou de coordonnateur et qui fait le lien entre toutes les étapes de la méthode. Il participe à la détermination des défaillances potentielles de conception durant le processus de production.

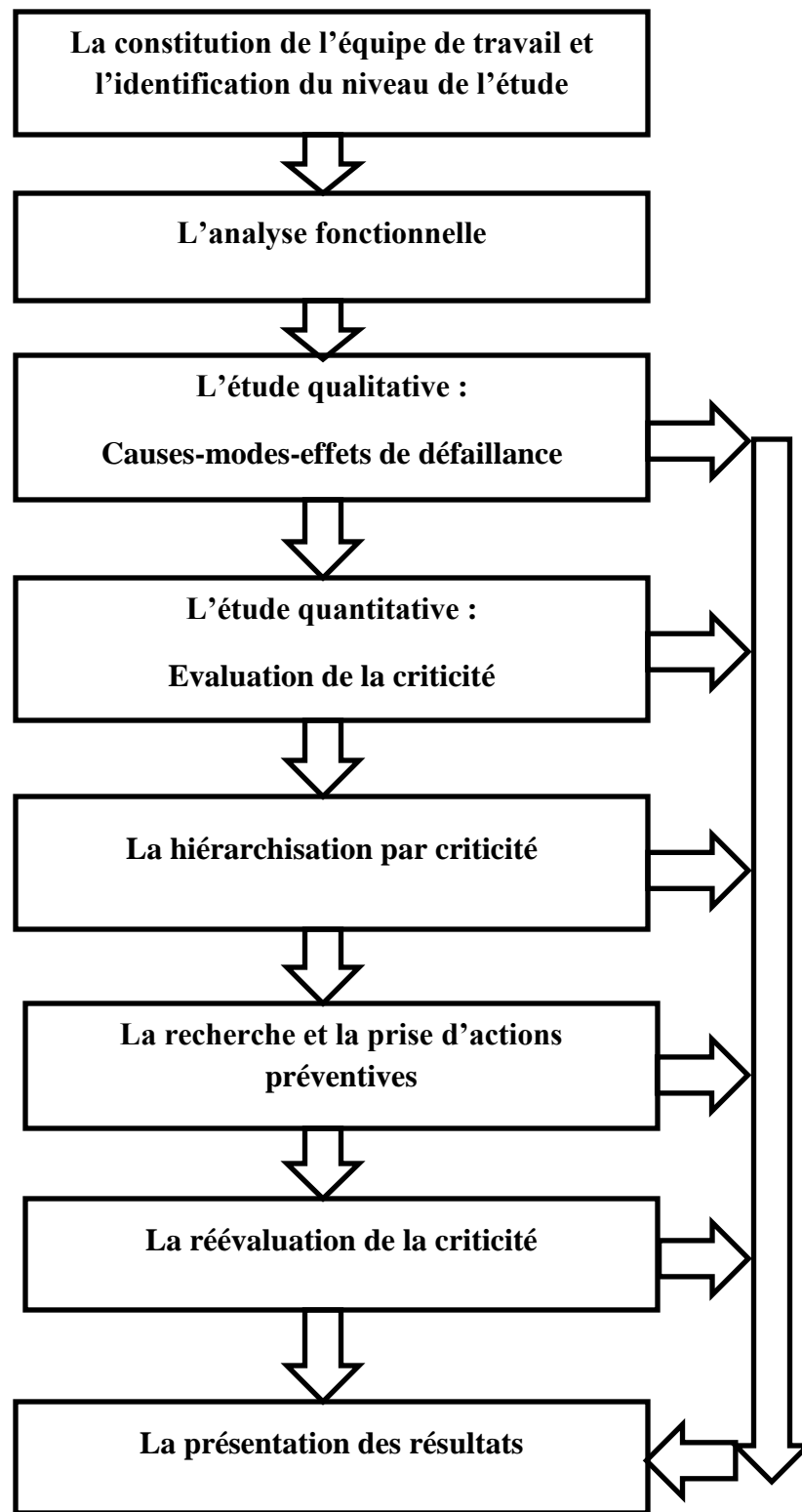


Figure 1 – la démarche AMDEC

L'ingénieur de fabrication est très influant au sein de l'équipe, particulièrement en ce qui concerne le développement de la conception et des procédés de fabrication.

Les concepteurs sont parfois amenés à participer aux réunions de l'équipe, afin de fournir plus de détails au niveau de la conception et du changement de la conception ou pour connaître l'historique du produit.

Cette configuration des membres de l'équipe est similaire à celle de l'amdec-processus et n'est en aucune façon définitive. Il est toutefois important de préciser que les grandes équipes (dont le nombre des participants est supérieur à sept) sont moins efficaces que les petites (entre quatre et six participants). La clé du succès de l'équipe AMDEC réside dans l'engagement total de ses membres et l'interaction entre ceux-ci.

Fonction du produit, ou opération du processus	Mode d'une défaillance potentielle	Effet de la défaillance	Causes possibles de la défaillance	Évaluation			Actions préventives			Résultats				
				Détection	Occurrence	Criticité	Recommandées	Prises	Détection	Occurrence	Criticité	Nouvelle criticité		

Tableau 1

AMDEC produit/processus

Fonction du produit, ou opération du processus	Mode d'une défaillance potentielle	Effet de la défaillance	Causes possibles de la défaillance	Évaluation			Actions préventives			Résultats				
				Détection	Occurrence	Criticité	Recommandées	Prises	Détection	Occurrence	Criticité	Nouvelle criticité		

L'analyse fonctionnelle :

Une défaillance est la disparition ou la dégradation d'une fonction. Donc pour trouver les défaillances potentielles, il faut connaître les fonctions.

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une façon assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

Les fonctions principales sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.

Les fonctions contraintes répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.

Les fonctions élémentaires assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

Pour réaliser correctement l'analyse fonctionnelle il faut effectuer trois étapes principales :

1. Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
2. Définir les fonctions qui correspondent au besoin. Chaque fonction répond à la question à **quoi ça sert** ? la réponse doit comprendre un sujet et un verbe. On peut alors déterminer la défaillance potentielle.
3. Etablir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions principales comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnel.
Celui-ci est une représentation sous forme de bloc-diagramme, construit en définissant les fonctions de niveau A-les fonctions principales jusqu'à niveau Z-les fonctions élémentaires des composants. On retrouve à tous les niveaux la logique : recevoir une fonction - transformer la fonction – transmettre une nouvelle fonction (figure 2).

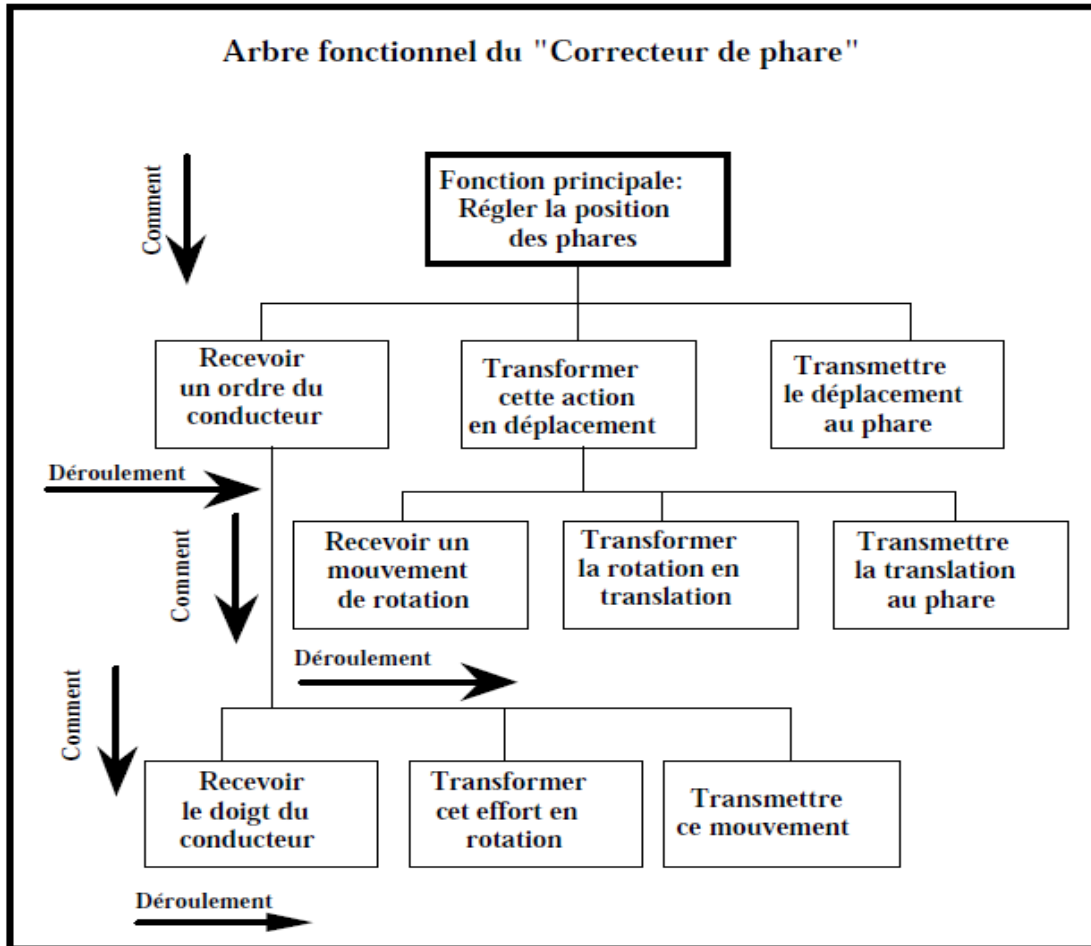


Figure 2

D'après la norme américaine pour l'AMDEC, un système (produit complexe) peut être décomposé en trois niveaux : système, sous-système, composant. Ces appellations s'appliquent à la fois, à une décomposition matérielle et fonctionnelle. En résumé, on décompose le système en plusieurs niveaux d'arborescence. Le niveau au sommet est le système, le niveau de base est le composant. C'est grâce à l'analyse fonctionnelle que l'on pourra établir la meilleure arborescence possible pour un système. L'AMDEC sera alors conduite à partir du niveau composant puis remontera aux divers étages de l'arborescence (approche bottom-up).

Pour un processus, la décomposition fonctionnelle se fait en procédés. Pour un procédé, la décomposition se fait en opérations ou activités et pour les opérations la décomposition se fait en tâches. Un excellent moyen pour réaliser la décomposition fonctionnelle est l'ordinogramme du processus. La figure 3 illustre un ordinogramme (flow chart) du processus d'une distributrice de café. Ce processus est un ensemble d'opérations élémentaires qui se déroulent à partir du besoin à

satisfaire jusqu'à la consommation du café. Une fois les fonctions identifiées, on passe à l'étape de l'analyse ou l'étude qualitative.

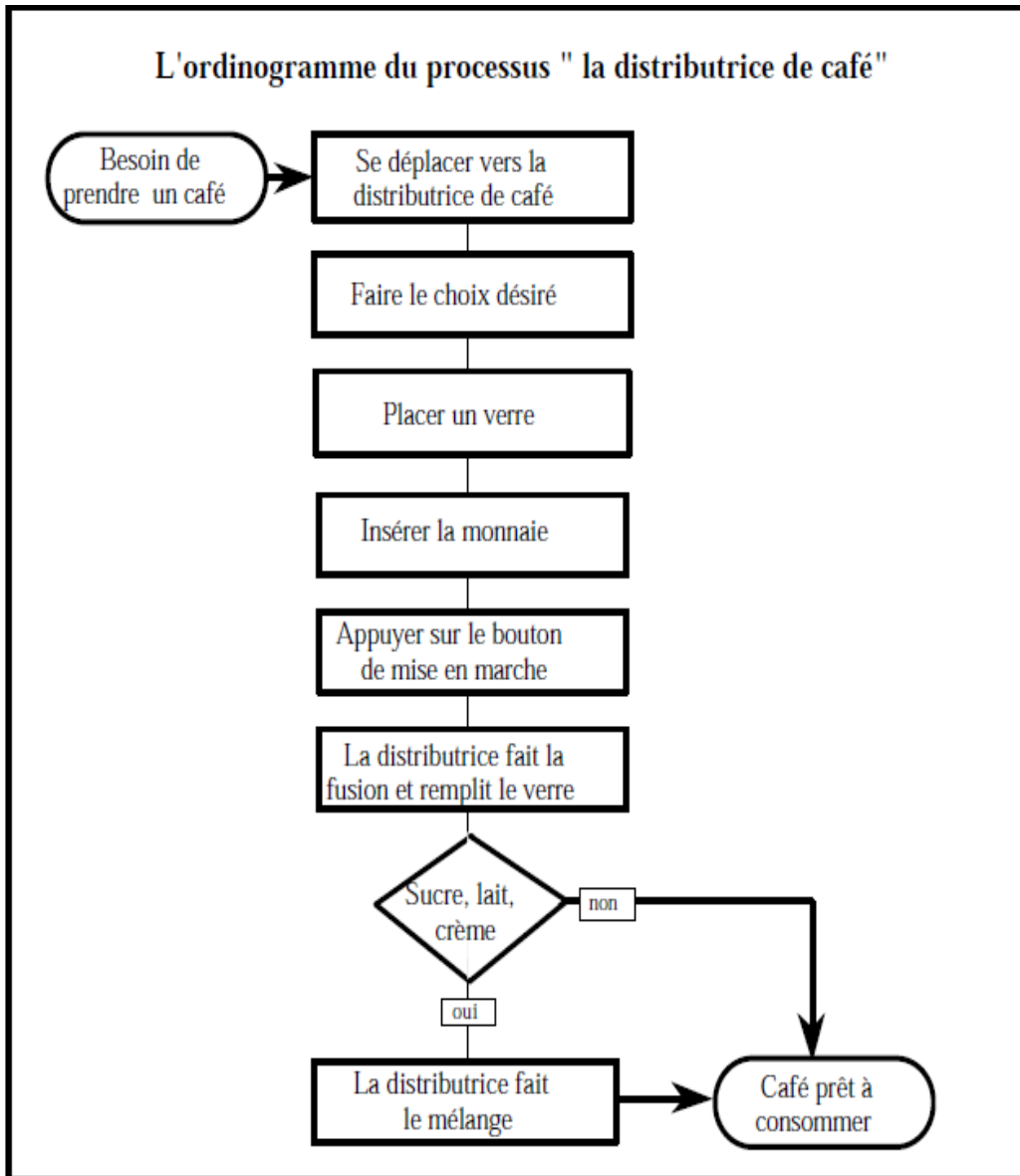


Figure 3

L'étude qualitative des défaillances :

Celle-ci consiste à identifier toutes les défaillances possibles à déterminer les modes de défaillance, 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. Pour réaliser cet objectif, on s'appuie sur l'analyse fonctionnelle. A partir des fonctions définies on cherche directement les défaillances potentielles (voir tableau 2.1). Ainsi l'analyse fonctionnelle aide à trouver en amont les causes et en aval les effets de chaque mode de défaillance.

Prenons dans le processus de la distributrice de café l'opération « la distributrice remplit le verre ». L'opération est effectuée correctement si le verre est rempli d'un café qui correspond à une qualité et à un volume désirés. Un mode de défaillance est que la distributrice ne remplit pas le verre. Un deuxième mode est que la distributrice remplit le verre avec de l'eau seulement. Un troisième mode est que la concentration du café est très faible dans le verre. A partir de ces trois modes de défaillances on analyse quel est l'effet potentiel (sans doute négatif) pour le client. L'étude est complète si on identifie quelles sont les causes possibles.

Pour chaque mode on peut avoir une ou plusieurs causes. Pour le deuxième mode de défaillance une cause possible est que la machine manque du café. Une deuxième cause possible est qu'il y a blocage dans le circuit interne de la machine qui empêche la fusion entre l'eau chaude et le café (voir tableau 2.2).

Le but de l'amdec est de faire ressortir les points critiques afin de les éliminer, de prévoir un mode de prévention. La mise en évidence de ces points se fait selon certains critères dans une analyse quantitative.

L'étude quantitative :

Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité du trio cause-mode-effet de la défaillance potentielle étudiée selon certains critères. Plusieurs critères peuvent être utilisés pour déterminer cet indice. Souvent dans la pratique on considère qu'une défaillance est d'autant plus importante si :

Ses conséquences sont graves ;

Elle se produit souvent ;

Elle se produit et on risque de ne pas la détecter,

Dans la pratique on attribue trois notes-chacune sur une échelle de 1 à 10-pour chaque trio cause-mode-effet :

La note **G** – gravité de l'effet – les conséquences sur le client/utilisateur

La note **O** –la probabilité d'occurrence – la fréquence d'apparition

La note **D** – la probabilité de non-détection- le risque de non-détection

L'indice de criticité C s'obtient en multipliant ces trois notes précédentes soit celle de la gravité, de la probabilité d'occurrence et de la probabilité de non-détection :

$$C=G*O*D$$

Le tableau 3 illustre une estimation de l'indice de criticité des modes-causes-effets des défaillances dans le processus « distributrice de café ». si celle-ci remplit le verre seulement avec

de l'eau chaude, le client sera très insatisfait. On estime donc pour la gravité une note de 10. La cause « manque de café dans la distributrice » peut arriver souvent ; on estime donc pour la probabilité d'occurrence la note 5. La détection est faite par l'agent d'entretien lorsqu'il vient remplir la machine de café moulu ; donc pour la probabilité de non-détection on estime aussi la note 5. Les trois notes multipliées nous donnent l'indice de criticité qui, dans ce cas, est égal à 250.

Le mot criticité correspond au terme anglais risk priority number.

La hiérarchisation :

La difficulté essentielle d'une étude qui veut anticiper les problèmes et rechercher les solutions préventives provient de la très grande variété des problèmes potentiels à envisager. D'où le besoin d'une hiérarchisation, qui permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance.

Figure 4

AMDEC-processus

Opération du processus	Mode de défaillance potentielle	Effet de défaillance	Cause possible de défaillance	Évaluation			Actions préventives recommandées	prises	Résultats		
				de détection	probabilité d'occurrence	criticité			de détection	de gravité	de criticité
La distributrice de café remplit le verre	La distributrice de café ne remplit pas le verre et ne prend pas la monnaie	Client insatisfait	La distributrice est en panne	2	5	8	60				
			Manque d'eau	7	0	8	0				
	La distributrice remplit le verre avec d'eau et ne rend pas la monnaie	Client très insatisfait	Manque de café dans la distributrice	5	5	10	250				
			Blockage dans la distributrice	10	1	10	100				
	La concentration du café est faible	Client insatisfait	Manque de café	7	1	8	56				
			Qualité du café	1	10	8	80				

Tableau 3

07/10/21/00

La hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider des actions prioritaires. En effet, c'est une liste d'articles ou de processus critiques. Le classement est fait par ordre décroissant généralement en quatre catégories ($C > 100$; $100 > C > 50$; $50 > C > 20$; $20 > C$). Ce

classement permet de moduler les actions préventives, leur priorité variant en fonction de la catégorie. Très souvent les entreprises utilisent pour l'AMDEC-produit/processus un seuil de criticité de 100^{12} et pour l'amdec-moyen un seuil de 16^{13} .

La recherche des actions préventives/correctives:

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives ou correctives.

Les outils tels que le diagramme causes-effet, l'analyse de Pareto, le brainstorming, le travail en équipe, doivent être appliqués 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 (exemple : par la modification de la conception du produit ou du processus)

La réduction de la probabilité de non-détection (exemple : par la modification de la conception du processus ou par la modification du système de contrôle)

La réduction de la gravité de l'effet de défaillance (exemple : par la modification de la conception du processus ou par la modification du système de contrôle)

La réduction de la gravité de l'effet de défaillance (exemple : par la modification de la conception).

Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité

C'est le moment de vérité pour la méthode. Un nouvel indice de criticité est calculé de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prises. Cette valeur du nouvel indice de criticité est parfois appelée risque résiduel et peut être illustrée sous forme du diagramme Pareto (figure 4).

L'objectif de cette réévaluation est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises. Le nouvel indice de criticité doit donc être inférieur au seuil de criticité. Le tableau 4 illustre une telle réévaluation qui nous montre que grâce aux actions prises, les nouveaux indices de criticité sont inférieurs à un seuil de criticité égal à 50.

La présentation des résultats

Pour pouvoir effectuer et appliquer l'amdec, les entreprises utilisent des tableaux conçus spécialement pour le système étudié et préparés en fonction des objectifs recherchés. Ces tableaux sont habituellement disposés en forme de colonnes et contiennent, en général, les informations nécessaires pour réaliser l'étude. Les tableaux 1 à 4 illustrent la réalisation d'un amdec-processus.

Conclusion :

L'amdec est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

Du point de vue pratique, cette méthode doit faire partie d'une approche globale. A quoi ça sert par exemple le zéro défaut en production si le produit n'est pas rentable, si le produit ne répond pas aux besoins des clients, si nous faisons des erreurs de facturation, si nous ne répondons pas aux appels téléphoniques de nos clients ou si nous ne respectons pas les délais ou le lieu de livraison fixés par les clients ? il est évident que pour un succès significatif de cette approche, elle doit être intégrée aux autres méthodes dans le concept de la qualité totale.