

I - La méthode AMDEC

Présentation

Historiquement, la méthode initiale est appelée Analyse des modes de défaillances et de leurs effets (AMDE). Il s'agit d'une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité). Développée aux Etats-Unis, dans l'industrie aéronautique, au début des années soixante, elle a pris son essor en Europe au cours des années soixante-dix dans l'industrie automobile, chimique, nucléaire. La méthode AMDEC a ajouté l'estimation de la dimension critique des risques.

Le principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un système.

Les aspects originaux de la méthode sont les suivants :

- l'AMDEC a pour but d'évaluer l'impact, ou la criticité, des modes de défaillances des composants d'un système sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité de ce système
- appliquée en groupe de travail pluridisciplinaire, elle est recommandée pour la résolution de problèmes mineurs dont on veut identifier les causes et les effets
- la démarche AMDEC consiste à recenser les modes de défaillance des composants, d'en évaluer les effets sur l'ensemble des fonctions de ce système, d'en analyser les causes
- en phase de conception, l'AMDEC est associée à l'Analyse fonctionnelle pour la recherche des modes de défaillances spécifiques à chaque fonction ou contrainte des composants. Elle peut intervenir à titre correctif pour l'amélioration de systèmes existants
- cette méthode est qualifiée d'inductive au sens où elle s'appuie, pour l'analyse des défaillances, sur une logique de décomposition d'un système en sous-ensembles successifs pour parvenir au niveau des composants élémentaires. On s'intéresse alors aux défaillances liées au mauvais fonctionnement de ces composants et à leurs répercussions aux niveaux supérieurs du système
- on établit une distinction entre l'AMDEC produit, centrée sur l'amélioration, en conception, des performances du produit, et l'AMDEC procédé, qui s'intéresse aux moyens de production (machines, lignes, installations), ainsi qu'au processus de production (gammes de fabrication). D'autres applications sont possibles, notamment dans le domaine de l'organisation, de la sécurité, et plus généralement des services.

L'AMDEC a été employée pour la première fois à partir des années 1960 dans le domaine de l'aéronautique pour l'analyse de la sécurité des avions. La mise en œuvre s'est longtemps limitée à l'utilisation dans le cadre d'études de fiabilité sur du matériel.

Bien qu'ayant subi de nombreuses critiques dues au coût et à la lourdeur de son application, elle reste néanmoins une des méthodes les plus répandues et l'une des plus efficaces. Elle est en effet de plus en plus utilisée en sécurité, maintenance et disponibilité non seulement sur le matériel, mais aussi sur le système, le fonctionnel et le logiciel.

Aussi est-elle maintenant largement recommandée au niveau international et systématiquement utilisée dans toutes les industries à risque, comme le nucléaire, le spatial et la chimie, dans le but de faire des analyses préventives de la sûreté de fonctionnement.

Dans le ferroviaire, la méthode a été expérimentée sur le logiciel critique dans le cadre des projets SACEM de la RATP et MAGGALY de SEMALY. Une adaptation de cette méthode a donné naissance à la méthode AEEL (Analyse des Effets des Erreurs du Logiciel) qui ressemble beaucoup à l'AMDEC.

Méthodologie

Avant de se lancer dans la réalisation proprement dite des AMDEC, il faut connaître précisément le système et son environnement. Ces informations sont généralement les résultats de l'analyse fonctionnelle, de l'analyse des risques et éventuellement du retour d'expériences.

Il faut également déterminer comment et à quel fin l'AMDEC sera exploitée et définir les moyens nécessaires, l'organisation et les responsabilités associées.

Dans un second temps, il faut évaluer les effets des modes de défaillance. Les effets de mode de défaillance d'une entité donnée sont étudiés d'abord sur les composants directement interfacés avec celui-ci (effet local) et de proche en proche (effets de zone) vers le système et son environnement (effet global).

Il est important de noter que lorsqu'une entité donnée est considérée selon un mode de défaillance donné, toutes les autres entités sont supposées en état de fonctionnement nominal.

Dans un troisième temps, il convient de classer les effets des modes de défaillance par niveau de criticité, par rapport à certains critères de sûreté de fonctionnement préalablement définis au niveau du système en fonction des objectifs fixés (fiabilité, sécurité, etc.).

Les modes de défaillance d'un composant sont regroupés par niveau de criticité de leurs effets et sont par conséquent hiérarchisés.

Cette typologie permet d'identifier les composants les plus critiques et de proposer alors les actions et les procédures " juste nécessaires " pour y remédier. Cette activité d'interprétation des résultats et de mise en place de recommandations constitue la dernière étape de l'AMDEC.

Conclusion

Bien que simple, la méthode s'accompagne d'une lourdeur certaine et la réalisation exige un travail souvent important et fastidieux.

Une des difficultés est dans l'optimisation de l'effort entre le coût de l'analyse AMDEC (dépendant de la profondeur de l'analyse) et le coût de l'amélioration à apporter.

La solution pour surmonter le volume des entités à étudier est de conduire des AMDEC fonctionnelles. Cette approche permet de détecter les fonctions les plus critiques et de limiter ensuite l'AMDEC " physique " aux composants qui réalisent tout ou partie de ces fonctions.

La cohérence entre d'une part la gestion des AMDEC et des améliorations préconisées et d'autre part, les différentes versions du système est l'une des autres principales difficultés à résoudre.

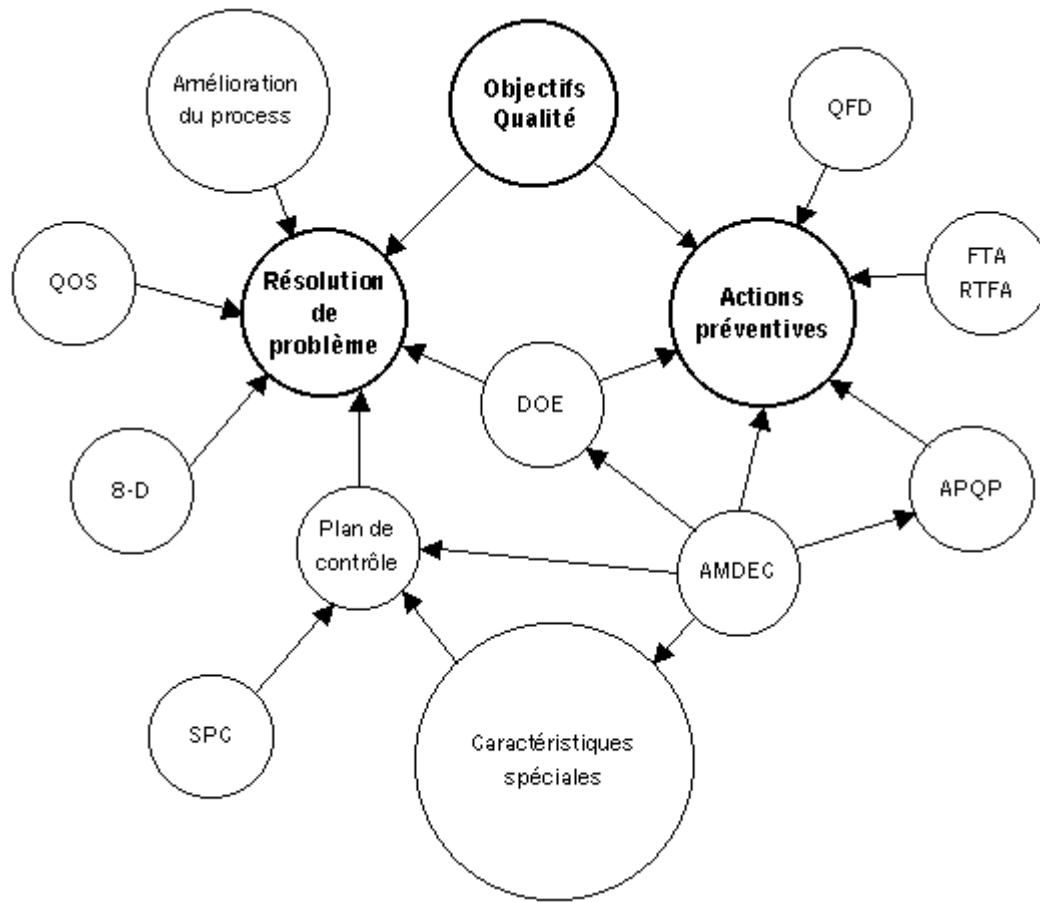
Aussi, la méthode n'est pas bien adaptée aux projets en temps réel car elle ne permet pas de bien appréhender l'aspect temporel des scénarios.

Néanmoins l'AMDEC fournit :

- une autre vision du système,
- des supports de réflexion, de décision et d'amélioration,
- des informations à gérer au niveau des études de sûreté de fonctionnement et des actions à entreprendre.

II- Méthodologie AMDEC

L'AMDEC fait partie intégrante de tout le système qualité QS 9000. La figure suivante illustre le rôle de l'AMDEC dans un système qualité type.



Ces pages sont destinées à vous fournir une information pertinente et utile en ce qui concerne la méthode AMDEC. Ce n'est pas un guide d'instruction pour exécuter une AMDEC, et ne doit pas être employé comme tel.

L'histoire de l'AMDEC

L'armée américaine a développé l'AMDEC. La référence Militaire MIL-P-1629, intitulé "Procédures pour l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets leurs Criticités", est datée du 9 Novembre 1949. Cette méthode était employée comme une technique d'évaluation des défaillances afin de déterminer la fiabilité d'un équipement et d'un système. Les défaillances étaient classées selon leurs impacts sur le personnel et la réussite des missions pour la sécurité de l'équipement. Le concept personnel et équipement interchangeables ne s'applique pas dans le monde moderne de fabrication des biens de consommation. Les fabricants de produits de consommation ont établi de nouvelles valeurs telles que la sécurité et la satisfaction client. Ensuite, les outils d'évaluation du risque sont devenus partiellement démodés. Ils n'ont pas été suffisamment mis à jour.

En 1988, L'ISO émettait les normes de la série ISO 9000. Le QS 9000 est l'équivalent de l'ISO 9000 pour l'automobile. Un groupe de travail représentant entre autre Chrysler a développé le QS 9000 pour standardiser les systèmes qualité des fournisseurs. Conformément au QS 9000, les fournisseurs automobiles doivent utiliser la planification qualité du procédé (APQP), incluant l'outil AMDEC et développant les plans de contrôle.

La planification qualité du procédé est une méthode structurée pour définir et établir les étapes nécessaires à assurer qu'un produit satisfait aux exigences du client. Les plans de contrôle aident le fabriquant à produire des produits de qualité selon les exigences du client. Un accent est mis sur la minimisation de la variation du

produit et du procédé. Les fournisseurs doivent utiliser l'AMDEC dans la planification qualité du procédé et dans le développement de leurs plans de contrôle.

L'AIAG (Automotive Industry Action Group) et l'ASQC (American Society for Quality Control) émettent les normes AMDEC en février 1993. Les normes sont présentées dans un manuel de l'AMDEC approuvé et soutenu par trois constructeurs automobiles. Ce manuel fournit les principes généraux pour préparer une AMDEC.

Ces pages sont destinées à comprendre l'utilisation de l'AMDEC dans l'industrie automobile américaine. Une AMDEC est défini comme "un procédé systématique pour identifier les modes potentiels et traiter les défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risques associés.

Définitions

Cause

Une cause est le résultat pour laquelle elle est le résultat d'un élément particulier du procédé ou de la conception dans un mode de défaillance.

Caractéristiques critiques

Les caractéristiques critiques sont des caractéristiques définies par Ford qui affecte la sécurité du client et/ou pourrait résulter d'une non - conformité avec des règlements gouvernementaux et nécessiter ainsi de contrôles spéciaux pour assurer les 100% de conformité.

Criticité

La criticité est le produit mathématique de l'évaluation de l'Occurrence et de la Sévérité. Criticité = $(S) \times (O)$. Ce nombre est employé en priorité pour des éléments nécessitant un niveau de qualité supérieur.

Les contrôles

Les contrôles (conception et procédé) sont les mécanismes empêchant la cause d'une défaillance de survenir.

Le client

Les clients sont externes et internes, le personnel et les procédés qui seront concernés par la défaillance du produit.

La détection

La détection est une évaluation de la probabilité que les contrôles (conception et procédé) détecteront la cause d'une défaillance ou la défaillance elle-même.

Effet

Un Effet est une conséquence défavorable que le Client pourrait subir. Le Client pourrait être la prochaine opération, opérations ultérieures, ou l'utilisateur final.

Mode de défaillance

Les modes de défaillance sont parfois décrits comme des catégories de défauts. Un mode de défaillance potentiel décrit la façon dans laquelle un produit ou un procédé pourrait échouer dans l'exécution de sa fonction première.

Eléments AMDEC

Les éléments AMDEC sont identifiés ou analysés dans le cadre du procédé AMDEC. Les exemples communs sont: les fonctions, les modes de défaillance, les causes, les effets, les contrôles, et Actions. Les éléments AMDEC deviennent les titres de colonne du formulaire.

Fonction

Une fonction pourrait être le but d'un produit ou d'un procédé. Les fonctions AMDEC sont décrites dans la forme verbale.

Occurrence

L'occurrence est une évaluation de l'apparition d'une défaillance particulière (à l'utilisation, la fabrication ou à la conception d'un produit).

Nombre Prioritaire de Risque

Le nombre prioritaire de risque est le produit de la Sévérité, de l'Occurrence, de la Détection. $NPR = (S) * (O) * (D)$. Ce nombre est employé prioritairement sur des articles qui nécessitent un niveau de qualité supérieur.

La sévérité

La sévérité est une évaluation de l'importance de l'effet de la défaillance potentielle sur le Client.

Caractéristiques significatives

Les caractéristiques significatives sont des caractéristiques définies par les critères Ford qui concernent la satisfaction client et nécessitent la planification des niveaux de qualité acceptables d'aptitude.

Caractéristiques spéciales du process

Les caractéristiques spéciales du procédé sont des caractéristiques pour lesquelles les variations doivent être contrôlées par rapport à une valeur cible à assurer cette variation d'une caractéristique spéciale du produit est entretenue à sa valeur cible pendant la fabrication et l'assemblage.

Caractéristiques spéciales du produit

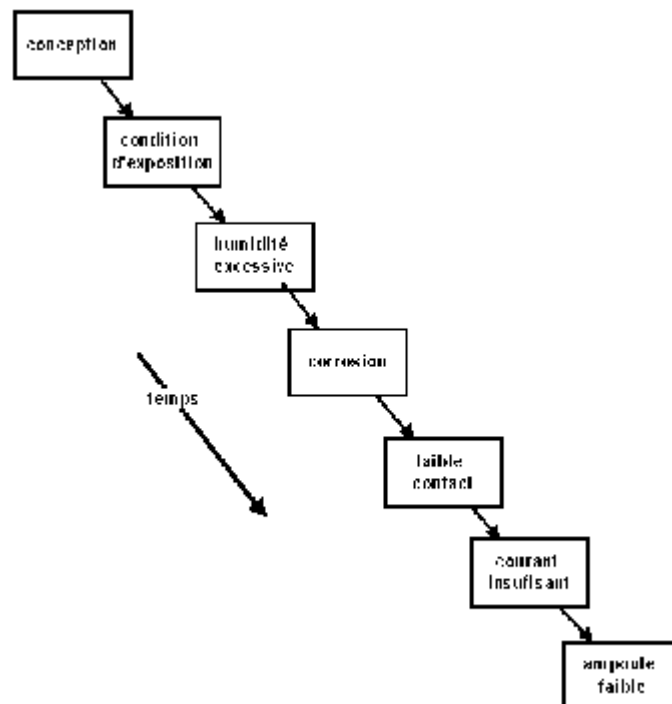
Les caractéristiques spéciales du produit sont des caractéristiques pour lesquelles une variation prévue pourraient considérablement concerner la sécurité d'un produit ou la conformité à des règlements ou des normes gouvernementales.

8-D Eight Disciplines of Problem Solving
AIAG Automotive Industry Action Group
APQP Advanced Product Quality Planning
ASQC American Society for Quality Control
DOE Design of Experiments
FMEA Potential Failure Mode and Effects Analysis

FTA Fault Tree Analysis
ISO International Organization for Standardization
QFD Quality Function Deployment
QOS Quality Operating System
RFTA Reverse Fault Tree Analysis
RPN Risk Priority Number
SPC Statistical Process Control

Compréhension des modes d'échecs

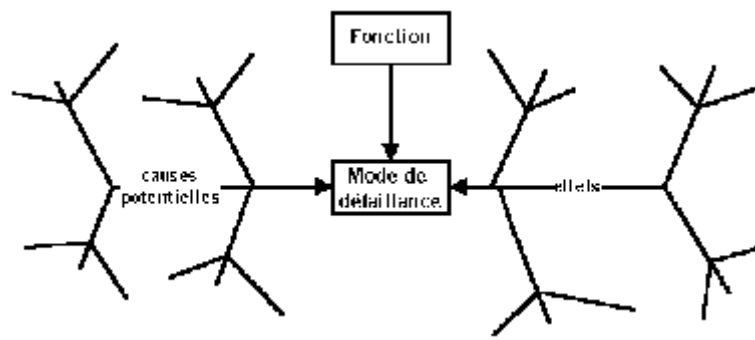
Une défaillance arrive entre une cause et un effet. Un des problèmes pour les nouveaux praticiens de l'AMDEC est que toute cause qui elle-même a une cause pourrait être un échec. Tout effet qui lui-même a un effet pourrait aussi être un échec. Dans des contextes différents, seul un événement peut être une cause, un effet, et un échec. Considérons par exemple le schéma suivant, une série d'événements qui pourraient survenir pendant la vie d'une lampe torche.



Lors d'une analyse externe d'une lampe torche, l'humidité excédentaire serait un mode d'échec. Une des fonctions de lampe torche est de protéger les composants internes de l'humidité excédentaire pendant une utilisation normale. Les causes apparaissent au-dessus de l'échec dans le schéma précédent. Les effets apparaissent en dessous.

Dans l'analyse de l'ampoule, un autre mode d'échec différent et le(s) fonction(s) doit être considéré. L'ampoule est destinée à fournir une lumière d'une intensité spécifique quand le dispositif est activé normalement. C'est une de ses fonctions. Une ampoule faible est un échec à fournir l'intensité adéquate et est donc une mode d'échec de la lampe torche. Cet exemple illustre que les causes, les effets, et les modes d'échec peuvent changer en dépendant de la fonction à analyser. Donc, une étape importante dans une AMDEC est de définir clairement l'étendue de l'étude: le composant, le système, ou le à analyser.

De nos jours, une seule cause peut avoir des effets multiples. Une combinaison de causes peut conduire à un effet, ou ils peuvent conduire à des effets multiples. Les causes peuvent elles-mêmes avoir des causes, et les effets peuvent avoir des effets subséquents en aval. Le mode d'échec doit être aussi considéré dans tous ces modes. Le schéma suivant illustre le rapport entre une fonction, un mode d'échec, les causes potentielles et les effets. Le terme "potentiel" est employé pour décrire les causes, à indiquer cette incertitude. Le modèle suppose aussi que tous les effets résulteront de la survenance d'un mode d'échec. En conclusion, "potentiel" n'est pas employé pour décrire des effets.



Identification des éléments de l'AMDEC

Les éléments AMDEC sont des blocs d'information qui sont analysés.

Le travail en équipe est essentiel pour identifier les éléments AMDEC.

Bien que la préparation des documents soit souvent de la responsabilité d'une personne, la contribution à l'AMDEC doit venir d'un groupe multidisciplinaire.

L'équipe multidisciplinaire devrait être constituée de personnes bien informées avec l'expert, le BE, le fabricant et la qualité.

Le Responsable qualité et/ou méthodes peut conduire l'équipe AMDEC.

Les membres de l'équipe et l'animateur peuvent varier afin que le système, le produit, et/ou le procédé conçu soit fiabilisé.

- Les fonctions et les modes de défauts
- Les effets
- Les causes
- Les contrôles courants

Le formulaire AMDEC

La documentation AMDEC a été standardisée par l'AIAG (Automotive Industry Action Group).

Toutes les données d'entrée et de sortie doivent être organisées sur un formulaire en colonnes.

Certaines entreprises conservent les données de l'AMDEC sur des feuilles de travail.

D'autres entreprises travaillent avec des versions informatiques du formulaire. L'animateur AMDEC recueille les données grâce à une interface intuitive et organisée qui renseigne le formulaire automatiquement.

Réduction des risques

Le but fondamental de l'AMDEC est de recommander des actions qui réduisent le risque.

Les actions sont prises souvent avec le résultat d'une estimation basse de la Sévérité, Occurrence ou Détection.

L'ajout de contrôles de vérification ou de validation peut réduire la Détection.

La revue du procédé ou de conception peut être le résultat d'une estimation basse de l'Occurrence et de la Sévérité.

Les évaluations révisées sont documentées avec les originaux sur le formulaires des tables AMDEC.

Si aucune action n'est recommandée, la décision de ne pas agir devrait être aussi enregistrée.

- Nombre de risques prioritaires et criticité
- Divergences
- Caractéristiques spéciales
- Histogramme du nombre de risques prioritaires