

## APPLICATION DE L'AMDEC POUR L'AMELIORATION DE LA MAINTENANCE D'UNE MACHINE D'USINAGE INTEGRAL

Rachid BENMANSOUR\*, Abdelhakim ARTIBA\*\*, Anis CHELBI\*\*\*, Hamid ALLAOUI\*\*\*\*

---

Résumé. - Cet article traite du problème de l'amélioration des performances de la fonction maintenance à travers la réalisation d'une AMDEC Moyens de production. Cette analyse a pour objectif d'améliorer la sûreté de fonctionnement des équipements en exploitation, et d'en identifier les éléments les plus critiques. L'intérêt de cette méthode a été, une fois de plus, démontré sur le terrain. Il est question d'une étude AMDEC réalisée sur une machine d'usinage intégral flexible dans une société de construction mécanique de haute précision. La démarche, les difficultés et une partie des résultats de cette analyse sont présentées dans cet article. Les difficultés rencontrées ont révélé la nécessité d'améliorer le système d'information relatif à la maintenance afin de réduire la complexité et la durée de réalisation d'autres AMDEC dans le futur. Une méthodologie d'automatisation de la génération du tableau AMDEC est proposée.

Mots-clés : AMDEC ; Maintenance ; Fiabilité.

### 1. Introduction

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse de la fiabilité d'une entité, qui comprend une analyse des modes de panne et de leurs effets complétée par une analyse de leur probabilité d'apparition et du degré de leur

---

\* Doctorant, Université Pierre et Marie Curie, France, rachid\_emi@hotmail.com.

\*\* Professeur des Universités, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, France.

\*\*\* Enseignant-chercheur, École Supérieure des Sciences et Techniques de Tunis, Tunisie.

\*\*\*\* Maître de conférence, Université d'Artois, France.

gravité [NF X 60-500]. C'est une technique méthodologique qui permet d'analyser systématiquement, et d'identifier de façon inductive, les risques de défaillances potentielles d'un système, puis de rechercher leurs origines et leurs conséquences. Elle permet ainsi de mettre en évidence les points critiques et de définir ensuite les actions à entreprendre, dans l'ordre de l'urgence et de l'importance.

La méthode a été développée aux États-Unis au milieu des années soixante du vingtième siècle par la NASA (National Aeronautics and Space Administration) pour le programme Apollo (Bertsche, 2008), visant l'envoi, pour la première fois, des hommes sur la lune. Elle a été appliquée avec succès dans les domaines aéronautique et nucléaire avant sa généralisation dans toutes les branches de l'industrie. Aux États-Unis et en Grande-Bretagne des normes ont été consacrées à la méthode : [MIL-ST D-1629A] et [BS 5760] respectivement.

L'application de cette méthode en groupe de travail associant les compétences et l'expérience de tous les acteurs concernés par l'objet de l'étude (Méthodes, Maintenance, Production, Qualité, etc.), permet l'amélioration des performances de l'entreprise par une meilleure maîtrise de la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels et une amélioration de la disponibilité de l'outil de production.

Les informations concernant les défaillances potentielles ou déjà survenues sont très souvent non structurées. Elles émanent soit d'un exercice de brainstorming au sein du groupe de travail multidisciplinaire ou de l'historique des défaillances et réparations (à partir des bons de travail saisis sur papier ou sur des logiciels de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO)). Afin de réduire l'impact de ce problème sur la qualité des résultats de l'AMDEC et sur la durée de cet exercice, Teoh et Case, 2004 ont développé une approche orientée-objet pour créer un modèle général de génération automatique du tableau AMDEC à partir des bons de travail.

Avant cela, certains autres travaux avaient également porté sur l'automatisation de l'AMDEC mais pour des types de matériel bien spécifiques. Citons par exemple : [Price et al., 1995] pour les systèmes électriques des automobiles, (Hughes et al., 1999) pour certains systèmes mécaniques et enfin (Atkinson et al., 1992) et (Hogan et al., 1992) pour des systèmes hydrauliques.

L'information générée par les membres de l'équipe de travail présente souvent des discordances et beaucoup d'imprécision. Plusieurs chercheurs ont proposé des méthodes de traitement de ces informations en se basant sur la logique floue ((Guimarães et Lapa, 2007), (Guimarães et Lapa, 2004), (Sharma et al., 2005) et (Tay et al., 2006)). Récemment, Chin et al., 2009 ont proposé une nouvelle méthode appelée « Evidential reasoning ». Elle permet de traiter

la diversité d'opinions des membres du groupe, particulièrement en ce qui a trait au classement des modes de défaillance, ceci sous différents types d'incertitude.

Dans le cas de la présente étude réalisée au sein d'une société de construction mécanique de haute précision, l'accent est d'abord mis sur la réalisation d'une analyse autocritique du programme de maintenance préventive actuel ; les recommandations issues de l'AMDEC seront comparées aux pratiques actuelles, et une réflexion sera menée pour intégrer les recommandations importantes dans le plan de maintenance préventive. D'autre part, vu la grande difficulté rencontrée par l'équipe de travail pour la compréhension et le traitement des données de l'historique des pannes, et par conséquent pour l'établissement du tableau de l'AMDEC, une méthodologie d'amélioration du système d'information de la maintenance est proposée en vue d'automatiser dans le futur la génération des tableaux AMDEC pour les autres machines de l'entreprise.

La suite de cet article sera organisée comme suit. Dans la deuxième section on détaillera la démarche suivie pour la réalisation de l'AMDEC depuis la préparation jusqu'au suivi des actions préventives et correctives. La troisième section sera dédiée à une brève description de la machine étudiée. La section suivante présentera la décomposition fonctionnelle de la machine. Ensuite, une partie du tableau de l'AMDEC ainsi que l'essentiel des résultats obtenus feront l'objet de la cinquième section. Dans la section 6, les recommandations issues de cette étude seront présentées et il sera également question des difficultés rencontrées. Ces difficultés étant essentiellement dues à la mauvaise structuration des données de l'historique des pannes, une méthodologie d'amélioration du système d'information de la maintenance est proposée dans la section 7. Enfin, la dernière section sera dédiée à la conclusion générale de ce travail.

## 2. Démarche suivie

Dans cette partie nous allons présenter la démarche qui a été suivie pour mener à bien notre étude. Il s'agit notamment de définir les objectifs de l'étude, les moyens qui lui seront consacrés et le plan de travail.

### 2.1 Initialisation de l'étude

La préparation de l'AMDEC est une étape essentielle à l'atteinte des objectifs fixés. Durant cette phase on procède à :

- La définition du système étudié,
- La définition des objectifs et causes de l'étude,

- La définition des limites (ou périmètre) de l'étude,
- La constitution du groupe de travail,
- La définition du planning de travail,
- La préparation et la mise au point des supports de l'étude.

Lors de cette phase, une analyse a été conduite sur le site sous la direction du responsable maintenance de la société pour connaître l'état des lieux et pour étudier les récapitulatifs des pannes, les plans et les schémas de la machine. C'était également l'occasion de constituer le groupe de travail pluridisciplinaire, et de définir les modalités pratiques de réalisation de l'AMDEC.

Après cette première étape, une décomposition fonctionnelle de la machine a été réalisée afin de préparer le terrain à l'AMDEC proprement dite.

## ***2.2 Décomposition fonctionnelle***

La décomposition fonctionnelle vise à définir la manière dont un système fonctionne. Elle identifie les fonctions internes réalisées par les différents circuits et modules qui composent le système et qui sont nécessaires à la réalisation de sa mission.

La décomposition fonctionnelle se matérialise généralement par une arborescence matérielle. Cette dernière regroupe l'identification des fonctions et des équipements nécessaires à leur réalisation par sous-systèmes.

La présente étape est indispensable à la structuration et à la conduite de l'analyse AMDEC, car il est nécessaire de bien connaître les fonctions du système pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle permettra aussi, une fois validée, l'utilisation d'un vocabulaire commun par l'ensemble du groupe de travail.

Il reste à signaler que cette décomposition peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les objectifs définis par les commanditaires de l'étude et les spécificités du système étudié.

## ***2.3 Analyse AMDEC***

L'analyse AMDEC consiste à évaluer qualitativement (modes, effets, causes, détection) et quantitativement les défaillances (gravité, fréquence), puis à mettre en évidence les points critiques.

Après l'évaluation de la criticité des défaillances, il est impératif que les actions correctives et préventives décidées soient mises en œuvre et suivies.

Les tableaux 1 et 2 présentent les accords qui ont été trouvés au sein du groupe de travail pour définir les classifications des fréquences d'occurrence et de la criticité des défaillances.

Dans un souci de simplification, cette catégorisation a été limitée à trois classes. Au-delà, les membres du groupe de travail, non habitués à ce type d'analyse, risquent de se noyer dans les détails.

	<b>Période T entre deux pannes</b>
<b>Classe A</b>	Supérieure à six mois
<b>Classe B</b>	Supérieure à un mois et inférieure à six mois
<b>Classe C</b>	Inférieure à un mois

Tableau 1 : Classification des fréquences d'occurrence des défaillances (F).

	<b>Interprétation</b>
<b>Criticité 3</b>	Arrêt supérieur à un jour, ou dommages aux personnes, ou Rebut, ou difficultés de maîtrise technique.
<b>Criticité 2</b>	Arrêt inférieur à un jour.
<b>Criticité 1</b>	Pas d'arrêt immédiat (ou micro arrêt) avec nécessité de planifier une intervention à court terme.

Tableau 2 : Classification de la criticité des défaillances (C).

### 3. La machine objet de l'étude

La machine étudiée est une unité de tournage, de perçage, et de fraisage. Cette machine de dernière génération est conçue pour un usinage intégral flexible. Le temps consacré au stockage intermédiaire et à la planification des cycles est réduit au minimum et les outils sont préparés en temps masqué.

La machine est destinée principalement à l'usinage par enlèvement de copeaux. Les pièces usinées sur cette machine sont en acier, cependant la machine peut usiner des pièces en matériaux de fonte et de forage, des métaux lourds non ferreux, et des matières synthétiques.

Disposer d'une telle machine qui peut remplacer plusieurs machines à la fois contribue considérablement à l'accélération du flux de production et à la suppression des encours.

L'entreprise peut définir ainsi des objectifs très ambitieux et s'engager sur des délais de livraison assez courts. Cependant, les défaillances aléatoires ou accidentelles qui surviennent sur la machine peuvent empêcher l'atteinte de ces objectifs.

L'AMDEC envisagée est un moyen efficace pour contribuer à garantir une disponibilité accrue de la machine et pour se doter des moyens d'intervention adéquats en cas d'altération de sa performance.

L'objectif principal de cette AMDEC sera d'identifier les problèmes potentiels pouvant survenir ou déjà survenus sur cette machine et d'évaluer leur criticité et leur fréquence. Elle permettra ainsi de mieux appréhender les risques de défaillance et d'essayer de les éviter en mettant en place un plan de maintenance préventive plus adapté et des dispositifs de surveillance aux points névralgiques. La constitution d'un stock de pièces de rechange optimal et l'établissement d'outils d'aide au diagnostic rapide des pannes sont des solutions supplémentaires pour rendre disponible l'équipement défaillant dans les meilleurs délais.

#### **4. Décomposition fonctionnelle de la machine**

La décomposition fonctionnelle est la pierre angulaire d'une AMDEC. C'est une méthode de réflexion créative qui repose essentiellement sur la décomposition du système en ensembles et sous-ensembles fonctionnels. A ce stade, la participation, au sein du groupe de travail, de personnes connaissant parfaitement le fonctionnement de la machine, conditionne la réussite de l'étude.

La machine objet de l'étude a été décomposée en treize (13) ensembles (cf. figure 1). Chaque ensemble est décomposé ensuite en sous-ensembles et composants.

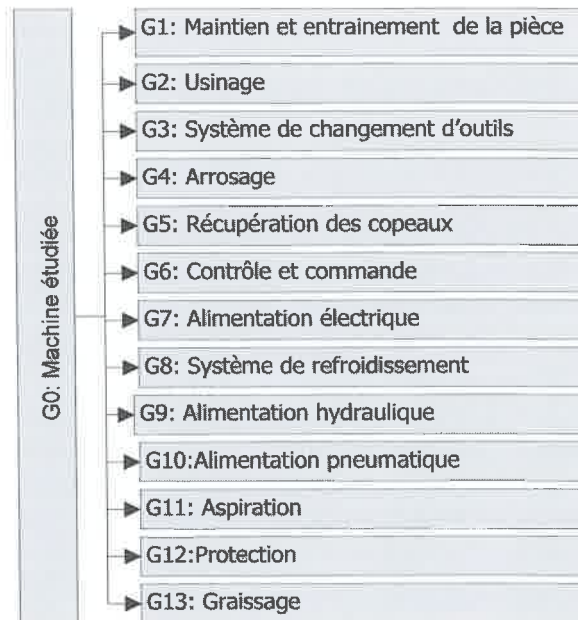


Figure 1 : La décomposition fonctionnelle de la Machine étudiée.

Pour chaque ensemble énuméré ci-dessus, deux autres niveaux de décomposition ont été réalisés. Cependant, il y a des ensembles pour lesquels un seul niveau de décomposition a été jugé suffisant. Il s'agit des ensembles G4, G5, G7, G8, G9, G10, G11, et G12.

La section suivante présente une partie de l'essentiel des résultats de l'AMDEC.

## 5. Tableau de l'AMDEC

Après avoir effectué la décomposition fonctionnelle de la machine en ensembles, sous-ensembles, et composants, le groupe de travail a procédé à l'élaboration du tableau de l'AMDEC. Chaque composant a été pris séparément, et divers modes de dégradation pouvant apparaître au niveau de ce composant ont été envisagés. Ces modes de dégradation ou de défaillance ont des conséquences qui sont analysées au niveau des ensembles et sous-ensembles liés au point de vue fonctionnel au composant considéré.

De cette analyse, découlent des recommandations visant à améliorer la maintenabilité et la fiabilité du système étudié.

A partir de l'historique des pannes, l'étude des modes de défaillance de chaque élément a été réalisée et des solutions de prévention et/ou de compensation des pannes ont été proposées.



Etant donnée l'impossibilité de présenter ici la totalité du tableau de l'AMDEC vu sa taille importante, nous ne présentons qu'une partie montrant les résultats relatifs à un élément fonctionnel de la machine. Nous avons choisi à titre d'exemple, la broche de fraisage de l'unité de fraisage (ensemble G2).

Parmi quatre modes de défaillance identifiés pour la broche de fraisage, nous présentons dans le tableau 3 uniquement la partie qui concerne le premier mode de défaillance pour la même raison que celle que nous venons de citer.

Les quatre modes identifiés sont :

- 1- Non coïncidence entre l'axe Broche de fraisage et broche de tournage en X0 versus Y,
- 2- Manque de rigidité au niveau de l'outil,
- 3- Manque de rigidité au niveau de la pièce,
- 4- Manque de rigidité au niveau de la broche.

Causes de défaillance	Effets	Symptômes	Méthodes de prévention/compensation	F	C
Collision	Arrêt	Décalage de la broche selon l'axe X. Message : collision axe X.	Contrôle géométrique machine selon procédure à définir. Recaler mécaniquement tous les organes en défaut. Recalage axe X par paramètre 34090 (mesure palliative)		
Surcharge mécanique au cours de l'usinage.	Arrêt	Décalage de la broche selon l'axe X non détecté par la commande numérique.	Contrôle géométrique machine selon procédure à définir. Recaler mécaniquement tous les organes en défaut. Recalage axe X par paramètre 34090 (mesure palliative) Modification du programme d'usinage pour diminuer les contraintes d'usinage.		
Décalage de l'origine de la mesure non détecté par la	Non qualité.	Décalage de la broche selon l'axe X	Refaire les prises d'origine (hebdomadaire). Elaborer une procédure pour cela. Développer un programme d'auto-calibration		



commande numérique (vibrations, salissures, etc.)			de la machine. Dispose de règles de mesure en stock		
Décalage de la mesure vu par la commande numérique.	Arrêt	Décalage de la broche selon l'axe X.	Refaire les prises d'origine (hebdomadaire). Elaborer une procédure pour cela. Développer un programme d'auto-calibration de la machine. Dispose de règles de mesure en stock		

Tableau 3 : Partie du tableau de l'AMDEC concernant la broche de fraisage (premier mode de défaillance).

Au niveau des défaillances les plus critiques, apparues au coin sud-est de la matrice de criticité, des actions de prévention et de correction ont été proposées. Ces défaillances concernent le bras chargeur d'outils (G3), l'automate de sécurité (G6) et la broche de fraisage (G2). Nous présentons ci-après les résultats obtenus pour chaque composant.

#### Bras chargeur d'outils :

- Contrôle et réglage de l'alignement de la plaque (fréquence annuelle et suite à chaque collision). Une procédure sera établie à cet effet.
- Organisation d'une formation au profit des opérateurs de production.
- Ajustement de la valeur du point de chargement en X dans la commande numérique.
- Inspection visuelle de l'intégrité de la courroie (fréquence semestrielle).
- Remplacement annuel de la courroie (au lieu de la fréquence actuelle de deux ans).
- Réduction des accélérations et des vitesses.
- Disposer d'une courroie en stock.
- Contrôle et réglage annuels de l'axe Q2. Une procédure sera établie à cet effet.

#### Automate de sécurité

- Remplacement du module par un module de nouvelle génération ;

- Disposer de ce type de module en stock (compatible avec huit autres machines).

### **Broche de fraisage**

- Contrôle géométrique de la machine selon une procédure à définir ;
- Recaler mécaniquement tous les organes en défaut ;
- Recalage axe X par paramètre 34090 (mesure palliative) ;
- Modification du programme d'usinage pour diminuer les contraintes d'usinage.

## **6. Recommandation suite à l'AMDEC**

En plus des recommandations tirées à partir du tableau de l'AMDEC, une liste de recommandations transversales a été établie par le groupe de travail, et qui sont applicables à l'ensemble des machines similaires existantes.

### **6.1 *Recommandations transversales***

Suite à cette étude, plusieurs recommandations à caractère transversal ont été fournies. Les mesures qui suivent vont être intégrées dans les plans de maintenance préventive des autres machines de la société.

- Contrôle et ajustement de la distance de détection des détecteurs inductifs,
- Standardisation des types de connecteurs et des types de connexion. La correspondance entre les différents modèles de chacune des marques connues sera réalisée, et prise en compte lors de la rédaction des futurs cahiers des charges pour l'acquisition de nouvelles machines,
- Réalisation de la même démarche de standardisation sur les distributeurs hydrauliques, les contacteurs et les relais,
- Etablissement d'une procédure de contrôle et de réglage de l'ensemble des composants qui interviennent dans le chargement des outils. L'opération devra être réalisée annuellement et suite à chaque collision,
- Vérification de la montabilité de l'outil en même temps que la vérification visuelle de l'intégrité de la courroie (semestriellement). Si la montabilité n'est pas bonne, la procédure définie au point précédent sera appliquée en intégralité,

- Analyse en profondeur des défaillances relatives à l'axe Q2 (les origines de l'usure anormale de la courroie),
- Etablissement d'une procédure de contrôle de la réalisation effective de la maintenance du premier niveau,
- Rétablissement de la démarche de consignation systématique, par les opérateurs, des problèmes mineurs rencontrés,
- Extraction du tableau de l'AMDEC, l'ensemble des recommandations destinées à la production et à la maintenance de premier niveau. Communication de celles-ci au service de production.

Cette étude a permis, dans un premier lieu, une prise de conscience collective de la nature des pannes susceptibles de se produire sur la machine, ainsi que de la finalité de chaque action d'amélioration retenue. Sur le plan pratique, elle a permis l'amélioration du plan de maintenance préventive existant, et l'élaboration d'une liste de pièces de rechange pour pallier les pannes potentielles.

## 6.2 Difficultés rencontrées

L'AMDEC est une sorte de projet qui nécessite une gestion spéciale. L'implication et la mobilisation de tous les membres du groupe de travail sont indispensables. Lors de cette étude, l'une des difficultés était liée à la sous-estimation de la durée du travail nécessaire à sa réalisation. En effet, il était difficile de mobiliser les ressources nécessaires (humaines, matérielles, informationnelles et financières) à la réalisation de cette étude sans se heurter aux diverses contraintes de l'environnement de travail. A titre d'exemple, l'absence des cadres du service maintenance pour une matinée, s'est traduite souvent par un manque de visibilité quant à la priorisation des interventions de maintenance (i.e. quel équipement doit-t-on réparer en premier lieu?). De plus les responsables, membres du groupe de travail, ont été plusieurs fois appelés à intervenir d'urgence sur le terrain provoquant ainsi l'interruption de l'analyse en cours (AMDEC). On souligne aussi que ces mêmes responsables ont dû travailler davantage de temps pour faire face à la charge de travail générée pendant leur absence.

La seconde difficulté de taille était liée au système d'information de l'entreprise. Concrètement, la façon non structurée dont les informations sur les pannes figuraient au niveau du système d'information a rendu difficile et parfois impossible la compréhension et l'interprétation des descriptions de chaque panne qui avaient été consignées par les techniciens dans les Ordres de Travail (OT). A ce titre, la même panne peut être décrite différemment par chaque technicien, et à l'extrême, ce même technicien peut utiliser un vocabulaire différent pour

décrire la même panne. Ces sources évidentes de confusion étaient en effet à l'origine des longues discussions au sein du groupe de travail. Certes l'information est abondante mais dans beaucoup de cas elle était inexploitable et sa qualité était contestée. De plus, sur certains ordres de travail, il était presque impossible de tirer la moindre conclusion quant aux modes de défaillance.

S'ajoute à cela la complexité technologique de la machine. En effet, la machine étudiée n'est pas une machine ordinaire. Elle est conçue pour faire gagner du temps et de l'argent aux entreprises et de ce fait elle remplace plusieurs machines à la fois. La répercussion de ce challenge technologique s'est traduite par une complexité importante de la machine du fait qu'elle devrait intégrer plusieurs fonctions. Cette complexité a donné lieu à des discussions relativement longues et pénibles au sujet de certains modes de défaillance. Le planning initial n'a pas été respecté, et des réunions supplémentaires ont été nécessaires pour finaliser l'étude.

Cette expérience a clairement démontré la nécessité de proposer une façon d'améliorer la structuration des données, au niveau des ordres de travail du système de GMAO, dans le but de réduire la complexité de l'exercice ainsi que sa durée. Nous présentons dans la section suivante, l'approche proposée pour automatiser la génération des tableaux des AMDEC qui seront réalisées dans le futur au sein de l'entreprise.

## 7. Méthodologie d'automatisation de l'AMDEC

Dans le but d'automatiser la réalisation des AMDEC à partir du logiciel de GMAO utilisé, les actions suivantes ont été réalisées en collaboration avec le bureau de méthode ainsi que les opérateurs et techniciens qui utilisent ce logiciel pour la saisie de l'information au niveau des demandes d'intervention et des ordres de travail. L'objectif principal est de structurer et de standardiser les données relatives aux défaillances qui seront saisies dans le logiciel, évitant ainsi que les techniciens continuent, chacun de son côté, à décrire les pannes et les réparations dans un champ 'texte' utilisant leurs propres mots ne distinguant pas formellement les symptômes, les causes et les remèdes de chaque défaillance. Nous avons donc réfléchi à un moyen de standardiser et de simplifier le vocabulaire utilisé par les techniciens pour renseigner les ordres de travail. Cet outil devrait être à la fois intuitif et évolutif dans le temps. Ainsi, l'interface GMAO pour la saisie des informations sur les pannes a été transformée pour répondre à cet objectif de standardisation. En outre, un logiciel éditeur de rapports nous a permis d'automatiser la génération des tableaux AMDEC à partir de la base de donnée Oracle liée à la GMAO. Ci-après la liste des actions proposées pour l'automatisation de l'AMDEC :

- la saisie de la décomposition fonctionnelle de chaque machine au niveau du logiciel,

- L'obligation d'associer chaque ordre de travail à au moins un sous-ensemble fonctionnel de la machine. Les sous-ensembles à choisir au niveau de l'ordre de travail doivent être ceux dont la fonction est altérée suite à la panne en question,
- l'élaboration de listes codifiées de symptômes, causes et remèdes spécifiques aux types d'équipements de l'entreprise,
- le chargement de ces listes dans le logiciel constituant ainsi une bibliothèque pouvant être enrichie en tout temps,
- la personnalisation de l'interface des ordres de travail du logiciel afin que les techniciens saisissent obligatoirement et séparément, pour chaque panne, les symptômes, les causes et les remèdes. Ceci en utilisant la bibliothèque correspondante à chaque item (voir la figure 2),
- la programmation d'une échelle de criticité des défaillances et son utilisation obligatoire pour caractériser la criticité de chaque défaillance au niveau de l'ordre de travail correspondant. L'échelle suivante a été retenue pour expérimentation durant quelques semaines et révision éventuelle par la suite:
  - ⇒ Événement très critique : La fonction de la machine n'est plus remplie. Arrêt complet.
  - ⇒ Événement critique : La fonction de la machine demeure accomplie mais pour une durée très limitée sans altération de la qualité du produit.
  - ⇒ Événement non critique : La fonction de la machine demeure accomplie mais avec une légère altération de la qualité du produit.
  - ⇒ Événement sans influence : La fonction demeure accomplie sans aucune altération de la qualité. Possibilité de réparer lors du prochain arrêt programmé.
- enfin, la conception, à l'aide d'un éditeur standard de rapports (Crystal Reports®) d'un tableau AMDEC générique en programmant les requêtes nécessaires à son remplissage automatique. Les requêtes interrogeaient directement la base de données Oracle liée à la GMAO.

Figure 2 : Nouvel espace de saisie des OT en remplacement au champ 'text'.

Quatre machines d'une unité pilote ont été choisies pour l'application de cette approche. Les résultats obtenus sont probants. En effet, l'accomplissement d'une AMDEC est devenu un exercice réalisable d'une façon quasi-automatique et instantanée, avec des données relativement précises et faciles à déchiffrer grâce à leur standardisation à la base. Les longues et pénibles discussions qu'il y avait lors de l'application de la méthode classique sont maintenant remplacées par des réunions durant lesquelles on procède plutôt directement à l'analyse du tableau AMDEC obtenu automatiquement à partir du système d'information.

## 8. Conclusion

Ce travail a permis d'appliquer dans le milieu industriel et de montrer l'intérêt pratique de l'un des outils essentiels de l'approche de la Maintenance Basée sur la Fiabilité (*Reliability Centered Maintenance*), à savoir l'AMDEC. Plusieurs difficultés ont été rencontrées pour sa mise en œuvre, tant au niveau du volume et de la complexité des données relatives à l'historique des défaillances, qu'au niveau de la mobilisation des membres du groupe de travail. Nonobstant ces difficultés, il y a de très bonnes raisons d'espérer que les recommandations qui ont été formulées soient rapidement mises en application et qu'elles contribuent effectivement à l'augmentation de la disponibilité de la machine en diminuant la fréquence et la durée des défaillances.

Afin d'éviter de rencontrer dans le futur le même genre de difficultés liées à l'interprétation et à l'exploitation des données de l'historique qui rendent la réalisation de l'AMDEC plutôt fastidieuse, une approche de restructuration des données relatives aux machines et aux ordres d'intervention a été proposée et mise en œuvre au niveau d'une unité pilote. Cette approche a permis d'obtenir une génération automatique de l'AMDEC des machines de cette unité. En plus de cela, la nouvelle structuration des données et les outils utilisés ont permis de concevoir et de mettre à la disposition des techniciens de maintenance un



arbre automatisé d'aide au diagnostic et à la réparation. Cet outil leur permet d'avoir l'accès instantané, à partir d'un symptôme de défaillance observé, à l'historique de manifestation de ce symptôme avec pour chaque cas : les causes identifiées, les remèdes apportés, les références des pièces éventuellement utilisées, les temps d'arrêt et l'identité des acteurs ayant effectué l'intervention.

## 9. Bibliographie

Norme Expérimentale X 60-500, (1988) Terminologie relative à la Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité.

Bertsche, B., (2008) Reliability in Automotive and Mechanical Engineering, Determination of Component and System Reliability, VDI-Buch Series, Springer, Berlin.

MIL-STD1629A, Procedures for performing a failure mode, effects, and criticality analysis, US Department of Defense.

BS 5760, Part 5, Reliability of systems, equipment and components. Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMEA and FMECA)

Teoh, P.C., Case, K., (2004) Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. Journal of Materials Processing Technology.

Price, C., Pugh, D.R., Wilson, M.S., Snooke, N., (1995) Flame system: automating electrical failure mode and effects analysis (FMEA). Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium.

Hughes, N., Chou, E., Price, C.J., Lee. M., (1999) Automating mechanical FMEA using functional models. Proceedings of the Twelfth International Florida AI Research Society Conference, AAAI Press.

Atkinson, R.M., Montakhab, M.R., Pillay, K.D.A., Woollons, D.J., Hogan, P.A., Burrows, C.R., Edge, K.A., (1992) Automated fault analysis for hydraulic systems. Part 1. Fundamentals. Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers, Part 1, J. Syst. Control Eng. 206 (14).

Hogan, P.A., Burrows, C.R., Edge, K.A., Atkinson, R.M., Montakhab, M.R., Woollons, D.J., (1992) Automated fault analysis for hydraulic systems. Part 2. Application. Proceeding of the Institution of Mechanical Engineers, Part 1, J. Syst. Control Eng. 206 (14).

Guimarães, A.C.F., Lapa, C.M.F., (2007) Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. Applied Soft Computing, 7.



Guimarães, A.C.F., Lapa, C.M.F., (2004) Effects analysis fuzzy inference system in nuclear problems using approximate reasoning. *Annals of Nuclear Energy*, 31(1).

Sharma, R.K., Kumar, D., Kumar, P., (2005) Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modeling. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9).

Tay, K.M., Lim, C.P., (2006) Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8).

Chin, K.S., Wang, Y.M., Poon, G.K.K., Yang, J.B., (2009) Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach. *Computers & Operations Research* 36.