

UTILISATION INTEGREE DES METHODES AMDEC ET KC COMME OUTIL DE FORMALISATION DES CONNAISSANCES POUR LA GESTION DE LA QUALITE EN CONCEPTION ET EN INDUSTRIALISATION

Alaa Hassan*, Ali Siadat*, Jean-Yves Dantan*, Patrick Martin*

Résumé. - Les méthodes d'analyses de risques et de variations fournissent des connaissances nécessaires à la gestion de la qualité des produits lors de la conception et de l'industrialisation. Cette étude vise à structurer les connaissances et les informations issues l'AMDEC afin de gérer les risques de variations des caractéristiques clés (KCs) de produit. Un modèle de données est proposé pour utiliser la méthode AMDEC comme outil de formalisation des connaissances sur les risques de variations des KCs. Le modèle de données AMDEC-KC est présenté par un diagramme de classes UML. L'outil développé autour de ce modèle permet la gestion des KCs, la réutilisation de connaissances de causalités entre les KCs et les risques associés ainsi que la validation de la robustesse de la conception.

Mots-clés : AMDEC, Key Characteristic, Structuration des connaissances, Gestion des risques de variations.

1. Introduction

Il existe plusieurs méthodologies et outils disponibles pour la gestion et l'analyse de la fiabilité et de la qualité du produit. Les informations collectées par ces méthodes sur les

* Laboratoire LGIPM , ENSAM de Metz.

* Département de Mécatronique, ISSAT, Barza, Damas, Syrie.

défaillances potentielles du produit liées à son processus de conception et de fabrication fournissent des connaissances intéressantes et complémentaires pour pouvoir maîtriser la qualité du produit.

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités) est une méthode inductive qui part des informations sur les défaillances élémentaires des composants pour en déduire ce qui en résulte et donc à quelles situations, dues à ces défaillances, il faut s'attendre (Mortureux, 2005). L'AMDEC a deux objectifs : déterminer les modes de défaillance, rechercher les causes de défaillance et étudier les effets de défaillance d'un système, ainsi qu'estimer les facteurs de la fréquence (F ou O), la gravité (G ou S) et la non-détection (ND ou D), et déterminer la criticité (C ou RPN) (Garin, 1994).

D'autre part, pour maîtriser la robustesse d'un produit, il est important de pouvoir analyser les effets des variations des caractéristiques du produit sur sa qualité finale. Dans un produit complexe, il n'est pas économiquement ou logistiquement faisable de surveiller des milliers de caractéristiques. Une méthode utilisée dans l'industrie appelée « Key Characteristics (KCs) » (Thornton, 1999), (Tony & Thornton, 1999), (Thornton, 2004) permet d'identifier et d'analyser les caractéristiques à surveiller lors de la conception du produit.

Les Key Characteristics sont les propriétés clés du produit, du processus de fabrication et des ressources qui affectent de manière significative le coût final, l'exécution, ou la sûreté du produit quand les KCs changent de leurs cibles (Dantan et al. 2005), (Etienne et al. 2004).

L'objectif de ces travaux est de structurer les informations de l'AMDEC afin de les réutiliser et de les exploiter pour la gestion des KCs lors de la conception et d'industrialisation du produit. De ce fait, il faut développer un système d'information intégrant les données de l'AMDEC et des KCs.

2. Modèle unifié AMDEC - KC

La méthode AMDEC décompose le système étudié en leur composants, se concentre sur chaque composant et examine tous les modes de défaillance de ceci (Pillay & Wang, 2003). En ajoutant l'approche KC dans cette démarche, il sera possible de lier un mode de défaillance à un ensemble de KC (propriété d'un composant) et de voir son impact sur d'autres KCs ; ces relations existent dans le *KC Flowdown*¹ et le *Condition Flowdown*². De cette façon, le concepteur

¹ Structure arborescente hiérarchique qui est généralement employée pour décrire les caractéristiques principales d'un produit.

² Structure arborescente hiérarchique qui exprime des conditions sur les KCs qui sont justifiées par le respect d'autres conditions sur d'autres KCs.

pourra formaliser non seulement sa connaissance sur les risques liés aux composants mais également il établit un lien entre ces risques et les caractéristiques du produit.

Pour ces raisons, l'intégration entre ces deux méthodes fournit un support intéressant qui permet la réutilisation des connaissances de l'AMDEC pour assurer et valider les relations et les causalités entre les KCs. Nous avons proposé le modèle AMDEC-KC qui intègre le modèle AMDEC et le modèle de KC. La figure 1 illustre le diagramme de classes UML (Booch *et al.* 1999) du modèle AMDEC-KC (Hassan *et al.* 2007).

Pour un composant, la condition d'une KC reflète une satisfaction d'une fonction. Si cette condition n'est pas respectée, un mode de défaillance doit apparaître. Comme le composant fait partie du système global, son mode de défaillance génère un effet sur le sous-système supérieur et le produit. Cette causalité est gérée par le *Condition Flowdown*.

Le mode de défaillance (la classe *Mode*) est lié à une KC non-respectée (la classe *CharacteristicCondition*). La cause (*Cause*) qui génère le mode de défaillance est liée à une KC (la classe *Characteristic*). L'effet d'un mode de défaillance affecte d'autres conditions de KCs (*CharacteristicCondition*). La détection (*Detection*) est effectuée sur le mode de défaillance et sur la caractéristique.

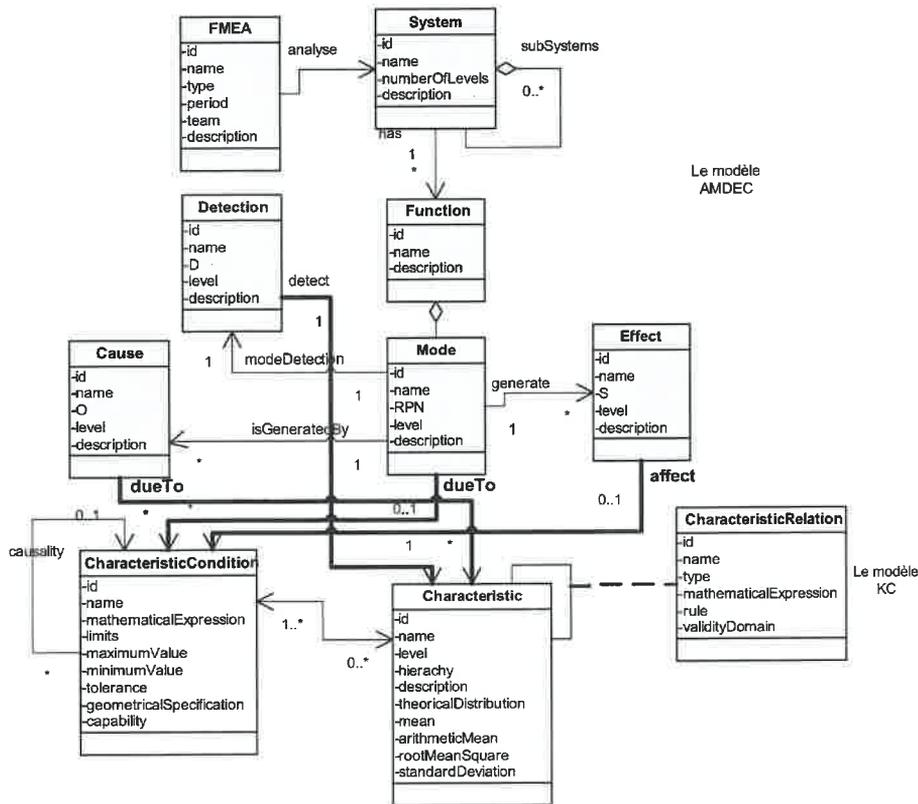


Figure 1 : Diagramme de classes UML du modèle AMDEC-KC.

2.1 Déploiement de l'AMDEC dans la gestion des KCs

Le point de départ pour les deux méthodes est la décomposition structurelle du système (le niveau 0 correspond au système entier). Dans le cas simple illustré dans la figure 2, le mode de défaillance M est un résultat d'une condition non-respectée CC1, qui relie les caractéristiques KC3 et KC4. La cause C est assignée à la caractéristique KC2 (appartient au niveau i ou i+1 dans le *KC Flowdown*). Le mode de défaillance M est détectée via KC1 (appartient au niveau i ou i+1). La relation entre le mode M et l'effet E permet de capturer la causalité entre les deux conditions CC1 (appartient au niveau i dans le *Condition Flowdown*) et CC2 (appartient au niveau i-1). Elle permet, d'une part, de capturer les relations entre les caractéristiques KC3 et KC4 et, d'autre part, KC5 et KC6. La relation entre le mode M et la cause C permet de capturer les relations entre les caractéristiques KC1 et KC2 d'une part et KC3 et KC4 d'autre part. Pour chaque mode de défaillance, on peut utiliser cette méthodologie pour vérifier toutes les KCs liées, leurs relations et leurs conditions.

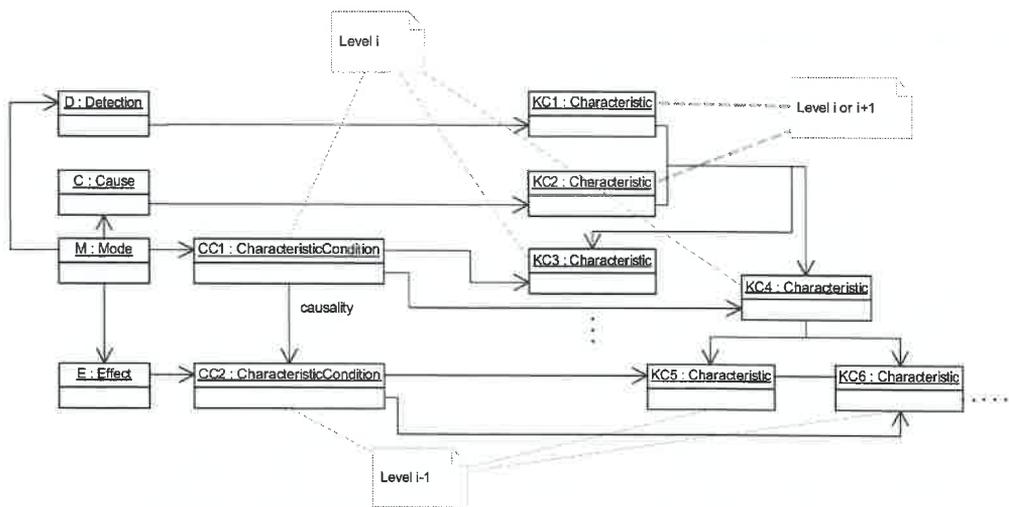


Figure 2 : Le déploiement de l'AMDEC pour vérifier les KCs.

3. Implémentation de la base de données AMDEC - KC

Un prototype a été développé pour aider l'utilisateur à remplir les tableaux AMDEC d'un système et pour évaluer le modèle AMDEC-KC. Il s'agit d'implémenter le diagramme de classes AMDEC-KC, d'assurer sa liaison avec un logiciel de conception et de proposer les interfaces adaptées pour aider le concepteur à formaliser ses connaissances sur le produit sous forme AMDEC-KC. La démarche d'utilisation du prototype développé peut se résumer par la figure 3.

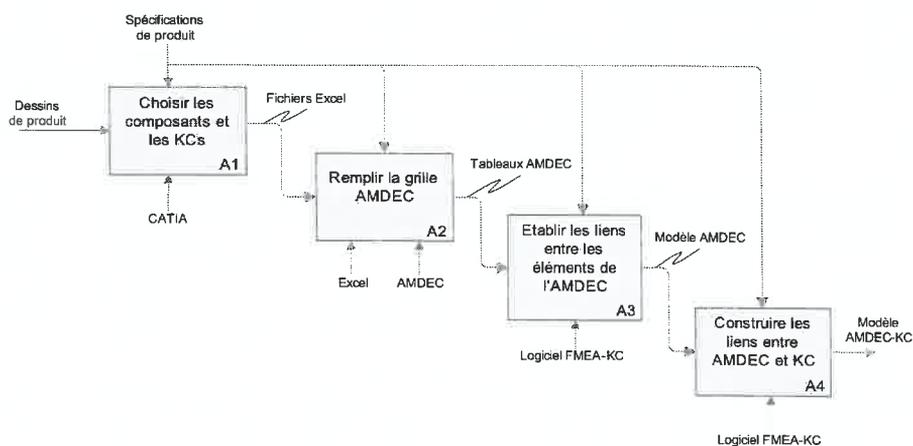


Figure 3 : Diagramme IDEF0 de la démarche d'utilisation de prototype développé.

4. Etude de cas : système « Centreur »

4.1 Structure du centreur

Pour illustrer cette méthode, nous avons développé, dans notre laboratoire, un cas d'étude sur la conception d'un système de centreur. L'objectif du centreur est de supporter et positionner la pièce à usiner par rapport à la base. La figure 4 illustre la décomposition structurelle du centreur.

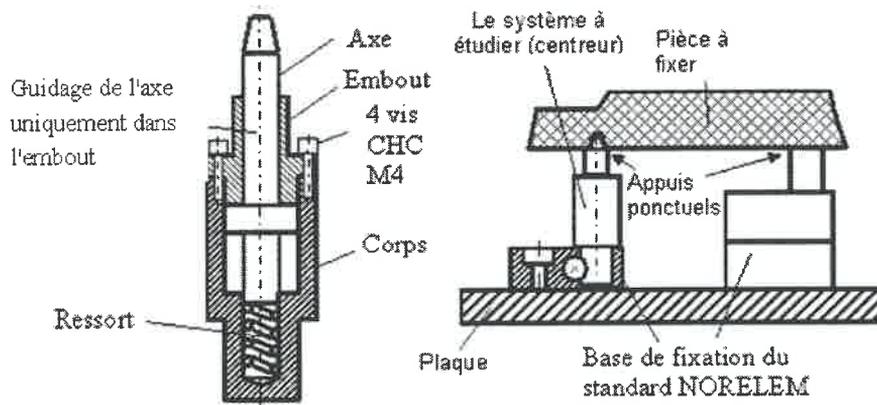


Figure 4 : Décomposition structurelle du centreur.

4.2 L'analyse AMDEC du centreur

Dans l'interface proposée, le concepteur remplit les tableaux AMDEC liés au produit ou composant qu'il conçoit. Par exemple, une des fonctions du centreur est la mise en position radiale de la pièce par rapport à la base. La figure 5 montre l'analyse AMDEC de cette fonction.

Pièce	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	F	G	N	RPN	Action	F	G	N	RPN
								D	I				D	2
Centreur	Mettre en position radiale de la pièce/base	Mise en position radiale incorrecte du système	Positionnement incorrecte de l'embout/corps	Ne mettre pas en position radiale de la pièce/base	Assembler le système et vérifier les dimensions	2	3	3	18	Respecter les normes de cotation et vérifier les dimensions	1	3	1	3
			L'embout ne guide pas l'axe			2	3	3	18		1	3	1	3
			Le cône de l'axe ne s'adapte pas à la pièce brute			2	3	3	18		1	3	1	3

Figure 5 : Tableau AMDEC pour une fonction du centreur.

4.3 L'approche et le modèle KC

La figure 6 illustre les KCs choisies par le concepteur pour ce système. La position radiale qui est une caractéristique du produit (*Product KCs*) apparaît au niveau 1 du *KC Flowdown*, elle est liée à plusieurs caractéristiques de pièces (*Part KCs*). La relation entre ces KCs est représentée dans le *KC Flowdown* et la causalité entre elles est représentée dans le *Condition Flowdown*. L'outil développé permet le choix des KCs et leur mise en relation avec les données issues du logiciel CAO.

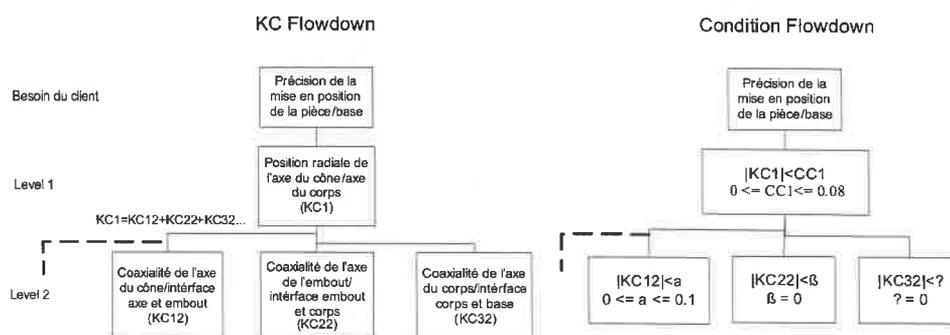


Figure 6 : Une partie du *KC Flowdown* et du *Condition Flowdown* du centreur.

4.4 Le modèle AMDEC-KC

La figure 7 montre une partie du diagramme d'objets du modèle AMDEC-KC pour le centreur. Il illustre les associations (en gras) entre le diagramme d'objets d'AMDEC et celui de KC présenté ci-dessus. Les KCs du système, leurs relations et leurs liens de causalité peuvent être vérifiées à partir de ces associations.

Le diagramme de classes du modèle AMDEC-KC a été implémenté en VB.NET (Nicot, 2005) sous forme d'un logiciel appelé FMEA-KC afin de développer un outil de gestion des données et un système d'aide à la décision. Ce logiciel construit toutes les associations du modèle de données AMDEC. Il affiche les KCs liées au composant actif. L'utilisateur choisit un mode de défaillance et les KCs liées à ce mode. Dans cette opération, le logiciel construit les associations entre le mode et les KCs choisies. Ce logiciel aide l'utilisateur à choisir les KCs liées à un mode de défaillance et à construire les associations entre les objets du modèle de données AMDEC-KC. La figure 8 illustre le menu principal du logiciel FMEA-KC.

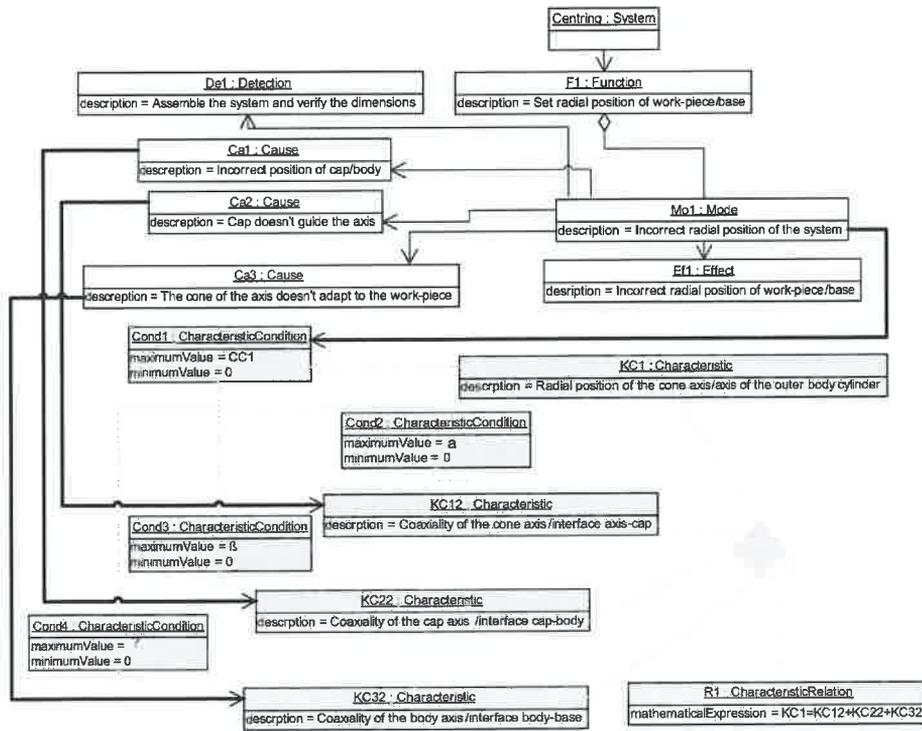


Figure 7 : Diagramme d'objets du modèle AMDEC-KC pour le centreur.

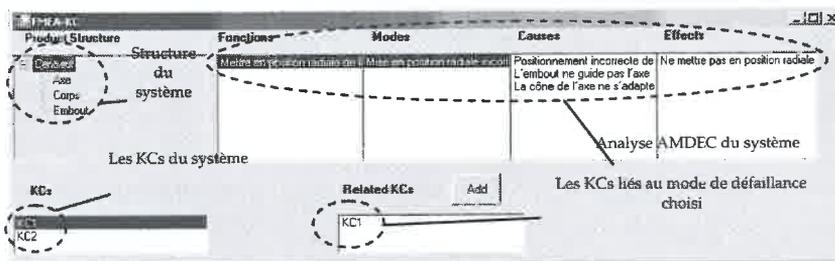


Figure 8 : Le menu principal du logiciel FMEA-KC.

5. Conclusion et perspectives

Un modèle de données a été proposé pour utiliser la méthode AMDEC comme outil de formalisation des connaissances sur les risques liés aux variations des KCs d'un produit. Le modèle AMDEC-KC permet la gestion des KCs, la réutilisation des connaissances de concepteur pour établir les causalités et les relations entre KCs, et la validation de la robustesse de conception.

Pour compléter ce travail, l'outil développé devra s'intégrer dans une démarche de conception numérique (CAO/CFAO). Actuellement, nous travaillons sur l'intégration des indicateurs de coût dans notre modélisation afin de maîtriser le triptyque risque-qualité-coût lors la conception du produit.

6. Bibliographie

- BOOCH G., RUMBAUGH J., JACOBSON I. (1999). The Unified Modeling Language User Guide. Addison Wesley Longman. ISBN 0-201-57168-4.
- DANTAN J-Y., LANDMANN T., SIADAT A., MARTIN P. (2005). Information modeling to manage tolerances during product and process design. Proc. Of the 9th CIRP International Seminar on Computer Aided Tolerancing. Arizona, USA.
- ETIENNE A., DANTAN J-Y., SIADAT A., D'ACUNTO A., MARTIN P. (2004). Data model for CAPP systems to manage key characteristics variations. Machine Engineering. Vol. 4, Nos 1 and 2, p.107-115.
- GARIN H. (1994). AMDEC/MADE/AEEL : L'essentiel de la méthode. Collection A SAVOIR. ISBN 2-12-475013-5.
- HASSAN A., DANTAN J-Y., SIADAT A., MARTIN P. (2007). Information modelling for variation risk management during product and process design. International Journal of Productivity and Quality Management. Vol. 2, p. 221-240.
- PILLAY A., WANG J. (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. Reliability Engineering and System Safety. Vol. 79, Elsevier, p. 69-85.
- MORTUREUX Y. (2005). AMDEC. Techniques de l'ingénieur. Volume SE 4040.
- NICOT G. (2005). Visual Basic .NET Version 2003. Micro Application. ISBN 2-7429-6109-7.
- TONY J.C., THORNTON A.C. (1999). Quantitative selection of inspection plans. Paper number DCE/DTM-8759 in the Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences. September 12-15, Las Vegas, Nevada, USA.
- THORNTON A.C. (1999). Variation Risk Management Using Modeling and Simulation. Journal of Mechanical Design. Vol. 121, p. 297-304.
- THORNTON A.C. (2004). Variation Risk Management. John Wiley and Sons. Ed. ISBN 0-471-44679-3.