



HAL
open science

Paramétrage de la démarche "Sûreté de Fonctionnement"

Vincent Ozouf, Maurice Pillet

► **To cite this version:**

Vincent Ozouf, Maurice Pillet. Paramétrage de la démarche "Sûreté de Fonctionnement". QUALITA2013, Mar 2013, Compiègne, France. hal-00823164

HAL Id: hal-00823164

<https://hal.science/hal-00823164>

Submitted on 16 May 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Paramétrage de la démarche

« Sureté de Fonctionnement »

Vincent OZOUF

Europe Qualité Services
39, chemin de la combe Saragosse
25000 BESANCON - France
vincent.ozouf@wanadoo.fr

Maurice PILLET

Laboratoire Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique
Université de Savoie, Polytech'Savoie, B.P. 806
74016 Annecy Cedex
maurice.pillet@univ-savoie.fr

Résumé

Pour valider une conception, il convient de s'assurer :

- Que le système répond aux exigences fonctionnelles demandées par le client (ou le service marketing).
- Qu'il répond aux objectifs de fiabilité également alloués par le client
- Que ses composants ne présenteront pas de défaillance lors de leur utilisation.

Pour construire ces 3 volets du plan de validation, le concepteur dispose d'une panoplie d'outils ou de méthodologies, plus ou moins efficaces mais également, et de façon liée, plus ou moins chronophages.

La méthodologie proposée consiste à définir l'outil ou la méthodologie à mettre en œuvre pour construire le plan de validation en fonction des niveaux de risque ressentis par le concepteur. Ces niveaux de risque sont déterminés par l'utilisation de matrices de paramétrage 4 x 4 avec dans un axe le niveau d'impact de la défaillance potentielle sur le client et dans l'autre axe, le niveau de confiance que le concepteur peut avoir, eu égard à sa conception. A chacune des 16 cases de la matrice correspond un outil à déployer pour valider le système.

Ce papier amène donc une réponse à la question du dimensionnement des études de Sureté de fonctionnement à déployer pour sécuriser un développement produit, tout en restant compatible avec des délais de développement toujours plus courts.

Mots clés : Sureté de fonctionnement, Plan de validation, AMDEC, Arbre de défaillance

I. INTRODUCTION

L'AMDEC et l'Arbre de Défaillance sont considérés par tous les fiabilistes comme les outils clés d'une démarche de Sureté de Fonctionnement. Cependant, leur mise en œuvre est toujours très longue. Aussi les déployer pour vérifier l'ensemble d'une conception, aussi bien en terme fonctionnel (AMDEC) que dysfonctionnel (AMDEC et arbre de défaillance) conduirait à passer un volume d'heures en analyse incompatible avec les durées et les budgets de développement actuels.

Conscientes du problème, les entreprises ont acté de faire des impasses. Ainsi, le groupe Renault dit dans sa procédure AMDEC^[1] que « Systématiser l'AMDEC conduirait à valider ce qui est déjà maîtrisé, et engendrerait a fortiori des dépenses inutiles pour l'Entreprise. En revanche, partout où il y a des risques pressentis ou mesurés, des innovations, des méconnaissances ou des enjeux importants pour l'Entreprise, l'AMDEC doit être déployée. ».

Ce principe posé, un problème se pose : « Comment pressentir objectivement qu'il y a des risques ? Comment objectiver qu'une solution technique présente un fort ou faible niveau d'innovation ? », et donc « Comment objectiver clairement, et de façon opposable lors d'une remise d'offre, les méthodologies et leur champ d'application à déployer dans le cadre du développement d'un système donné ? ». En effet, la littérature actuelle présente des lacunes en termes de mode de paramétrage objectif du champ d'application des méthodologies à déployer dans une démarche de Sureté de Fonctionnement pour que celle-ci soit la plus efficiente possible.

Dans ce papier, nous proposons d'utiliser une approche que nous avons appelée Analyse Préliminaire de Risque – APR (même si notre façon de la mener, tout comme ses objectifs, divergent quelque peu de la méthodologie APR présentée classiquement dans la littérature^[2]), pour construire le plan de Sureté de Fonctionnement. Cette analyse basée sur une évaluation des risques rapide et facile à utiliser car basée sur le ressenti a priori des experts des équipes de conception, permet, en quelques heures, d'effectuer le paramétrage des méthodologies à déployer pour construire le plan de validation au juste nécessaire.

La rapidité de mise en œuvre de l'approche proposée ici, permet aux équipes de conception de construire leur plan de validation au plus juste et ce très tôt dans le processus de développement, et donc d'en évaluer le volume horaire d'analyses nécessaire.

Déployée en phase acquisition par un équipementier dans le cadre d'une relation client / fournisseur, elle lui permet :

- De proposer un plan de validation compréhensible, car justifié selon une approche simple, permettant d'accroître la confiance du client à son égard.
- D'évaluer au plus juste le volume des analyses à réaliser (et donc de leur coût associé), pour faire une offre financière la plus proche possible de la réalité.

Dans une thèse soutenue en 2009, nous avons déjà exploré cette piste mais en la limitant au paramétrage du champ des AMDEC [3]. Aujourd'hui, l'expérience acquise lors de la mise en œuvre de nombreuses démarches de Sûreté de Fonctionnement, menées notamment dans le cadre de développement de systèmes automobile, nous a permis d'étendre notre approche au paramétrage de l'ensemble des outils classiques de validation d'un développement.

Pour présenter notre approche, nous nous positionnerons dans le cadre d'une relation client / fournisseur pour la conception d'un sous-système d'un produit complexe grand public (type automobile) mise en œuvre entre un équipementier et un constructeur, la méthodologie présentée ci-après devant être menée par l'équipementier.

Afin d'illustrer notre propos, nous déroulerons notre approche sur la conception d'un petit « sous-système » simple entrant dans un « produit » complexe : un rasoir manuel entrant dans un « kit de rasage ».

II. DONNÉES D'ENTRÉE DONNÉES PAR LE CLIENT

Lors de son appel d'offre, le client transmet classiquement à son fournisseur :

- Un cahier des charges fonctionnel définissant ce qu'il attend du système.
- Des objectifs de fiabilité alloués à une liste d'événements redoutés (défaillances du système) qu'il envisage, objectifs de fiabilité définis selon le niveau de gravité des conséquences de ces défaillances pour le client final.

A. Construction du cahier des charges fonctionnel

En France, la construction du cahier de charge se fait généralement en déroulant une analyse fonctionnelle comme le propose notamment la norme NF X50-151 de l'AFNOR [4], qui permet, comme le dit PSA, de « décrire de façon exhaustive les fonctions à réaliser pour satisfaire les besoins réels de l'utilisateur » [5] [6]

La première étape consiste à rechercher les fonctions du système. Pour notre rasoir, cette recherche peut être illustrée par la figure suivante :

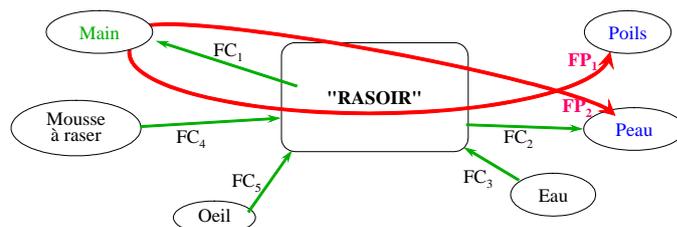


Fig. 1. Exemple d'Analyse Fonctionnelle

Ainsi, les fonctions attendues du rasoir dans la situation de vie « rasage » pourraient être libellées de la façon suivante :

- FP1 : le rasoir doit permettre à la **main** de **couper** les **poils**
- FP2 : le rasoir doit permettre à la **main** d'**hydrater** la **peau**
- FC1 : le rasoir doit **être préhensible** par la **main**
- FC2 : le rasoir doit **préserver** la **peau**
- FC3 : le rasoir doit **résister** à l'**eau**
- FC4 : le rasoir doit **résister** à la **mousse à raser**
- FC5 : le rasoir doit **plaire** à l'**œil**

Chacune de ces fonctions est alors caractérisée par des critères de performance, auxquels on associe un niveau attendu et sa tolérance, et une flexibilité (degré de négociation possible du niveau et/ou de la tolérance, entre le client et le concepteur).

Pour l'exemple de notre rasoir, nous avons regroupé l'ensemble de ces exigences dans un tableau dont un extrait pourrait être le suivant :

Cahier des Charges Fonctionnel						
Produit : Rasoir		Pilote : Nicolas S.		Animateur : François F.		
Référence : BIC-JET		Date : 14/07/2008		Indice : A		
SV	Fonction	Groupe de mots	Critères	Niveaux	Flexibilité	Exigence
Rasage	Fp1	Couper	Temps de coupe	5 min ± 2 min	F1	1
			Effort de coupe	20N maxi	F0	2
			Durabilité	1 an mini	F2	3
			MTTF (Fiabilité)	10 rasages ± 2	F0	4
		Main	% gaucher	20% ± 3%		
			Acidité	Ph = 6,2 ± 0,1		
			Poils	Longueur	3mm maxi	
	Fp2	Hydrater	Confort de rasage	> 90% hommes satisfaits	F0	5
			Fiabilité	10 rasages ± 2	F2	6
			Taux d'hygrométrie surfacique de la peau	85% ± 3%	F1	7
Main		% gaucher	20% ± 3%			
		Acidité	Ph = 6,2 ± 0,1			
		Peau	Surface	Visage homme adulte		
			Acidité	Ph = 6,2 ± 0,1		
Fc1	

Fig. 2. Exemple de cahier des charges fonctionnel

Ce cahier des charges constitue la première donnée d'entrée pour le concepteur. Celui-ci devra développer un système qui répond à « tout ça ».

B. Recherche des événements redoutés liés au système et allocation des objectifs de fiabilité correspondants

Les fonctions déterminées, le constructeur va maintenant évaluer pour chacune d'entre elles, les conséquences au

niveau de l'utilisateur final des 5 modes de défaillance classiques des fonctions :

- Absence de fonctionnement à la sollicitation (par exemple pour la fonction FPI : le système ne rase pas).
- Arrêt de fonctionnement (le système ne rase plus).
- Fonctionnement dégradé (le rasoir rase mal).
- Fonctionnement intempestif (le rasoir rase tout seul).
- Fonctionnement intermittent (le rasoir rase de temps en temps)

On remarque que certains modes de défaillance ne veulent rien dire pour le système considéré (fonctionnement intempestif ou intermittent pour le rasoir), ils ne seront évidemment pas étudiés.

Ainsi, pour chacun des modes de défaillance des fonctions envisagées, le client systémier (le constructeur) va en rechercher la conséquence sur le client final utilisateur, conséquence qu'il va classiquement classer selon la « puissance » de leur impact sur une échelle à 4 niveaux.

Pour évaluer l'importance des impacts, nous proposons de retenir la grille de cotation ci-après issue des grilles classiques observées dans les procédures des constructeurs automobiles [7] :

Niveau	Impact
1	Performances générales du système conservées ; l'utilisateur peut continuer à utiliser son système ; il n'y aura pas d'intervention si la défaillance intervient en dehors de la période de garantie.
2	Dégradation des performances, l'utilisateur peut cependant continuer à utiliser son système mais une intervention s'impose rapidement.
3	L'événement redouté conduit à un arrêt total du système nécessitant une intervention pour le rendre à nouveau utilisable (notion de « panne »).
4	L'événement redouté est susceptible d'entraîner des risques de morts ou de dommages corporels pour l'homme (utilisateurs, occupants, ...).

Fig. 3. Grille de cotation de l'importance de la fonction

Ainsi dans l'exemple de notre rasoir, le client systémier « kit de rasage » a classé les modes de défaillance des fonctions retenues par puissance d'impact et les a regroupé dans le tableau suivant, tableau qu'il fournira à son fournisseur équipementier en complément du cahier des charges :

N°	Définition	Impact
ER4-01	Coupe sans qu'on le demande	4
ER3-01	Ne rase plus	3
ER3-02	N'hydrate pas	3
ER3-03	N'est plus préhensible par la main	3
ER2-01	Rase mal	2
ER2-02	N'hydrate plus	2
ER1-01	Hydrate mal	1
ER1-02	Est mal préhensible par la main	1

Fig. 4. Définition de la puissance de l'impact de chaque mode de défaillance des fonctions

Pour chaque niveau d'impact, le constructeur alloue classiquement à son équipementier, des objectifs de fiabilité génériques. Ainsi le groupe Renault a défini les niveaux de

fiabilité suivants en fonction des impacts client des défaillances (on notera que l'échelle d'impact notée de 1 à 4 chez PSA est notée de A à D chez RSA, dans le sens inverse) :

Grade	Défaillance	Durée objectif	Proportion maxi de défaillants
A	Défaut de sécurité	400 000 km 20 ans	0,03%
B1	Panne immobilisante	300 000 km 20 ans	
B2	Perte de confiance dans le véhicule faisant s'arrêter le conducteur	220 000 km 15 ans	
C	Défaillance majeure : Nécessité de réparer rapidement	100 000 km 10 ans	
C1	Non respect des normes d'émission	En fonction des normes en vigueur en Europe	
D	Défaillance mineure : Génant mais n'empêchant pas de rouler	60 000 km 5 ans	

Fig. 5. Allocations fiabilité en fonction de l'impact client, définies par RSA

La liste des défaillances fonctionnelles cotées en fonction de leur impact, ainsi que les objectifs de fiabilité associés, constituent la seconde donnée pour l'équipementier concepteur. Celui-ci devra maintenant développer un système qui, en plus des fonctionnalités attendues (données d'entrée N°1), tient également ces objectifs de fiabilité.

III. CONSTRUCTION DU PLAN DE VALIDATION PAR LE FOURNISSEUR

Pour s'assurer que le système qu'il va concevoir répond aux attentes de son client, le fournisseur équipementier va construire son plan de validation, plan de validation qu'il pourra fournir à son client lors de l'offre.

Un plan de validation contient classiquement 3 aspects :

- Une partie fonctionnelle (tenue des critères du cahier des charges)
- Une partie dysfonctionnelle global système (tenue des engagements fiabilité alloués au système)
- Une partie défaillance « composants » (tenue des composants dans le temps).

L'approche que nous proposons ici est une dérivée de l'Analyse Préliminaire de Risque qui, comme précisé par Alain VILLEMEUR dans son livre intitulé « *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels* » [8], « permet de définir les entités à analyser en détail ». Dans notre approche, nous l'avons détournée pour permettre au concepteur de définir les outils qu'il devra déployer pour construire chacune de 3 parties du plan de validation.

Ainsi, notre approche consiste, dans un premier temps, à placer chaque fonction / défaillance système / composant, dans une matrice de risque 4 x 4 avec dans le premier axe, le niveau d'impact sur le client de la défaillance considérée ; et dans le second axe, la confiance que l'on peut avoir a priori dans le développement de son système. A chaque case de la matrice ainsi formée correspond un outil ou une méthodologie à déployer pour construire le plan de validation correspondant ; les niveaux de risques correspondant globalement au produit impact x confiance, on retrouvera le même outil / méthodologie placé en diagonale dans la matrice.

		Confiance a priori dans le développement			
		1 : Très Fort	2 : Fort	3 : Moyen	4 : Faible
Impact client	1 : Faible	Validation par des méthodes très légères mais très rapides	Validation par des méthodes très légères mais très rapides	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes légères mais rapides
	2 : Moyen	Validation par des méthodes très légères mais très rapides	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes efficaces mais peu rapides
	3 : Fort	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes efficaces mais peu rapides	Validation par des méthodes très puissantes mais souvent chronophages
	4 : Sécurité	Validation par des méthodes légères mais rapides	Validation par des méthodes efficaces mais peu rapides	Validation par des méthodes très puissantes mais souvent chronophages	Validation par des méthodes très puissantes mais souvent chronophages

Fig. 6. Principe de construction des plans de validation

Pour chacune des 3 parties du plan de validation, nous avons créé une matrice de paramétrage particulière. Les libellés que nous avons définis pour qualifier la valeur des niveaux sur l'axe « impacts » tout comme ceux sur l'axe « confiance dans le développement » sont un « best-of » des échelles d'analyse de risque classiquement utilisées par les constructeurs automobiles dans leurs procédures d'AMDEC et/ou d'Analyse Préliminaire de Risque.

Le choix des outils / méthodologies à déployer, et leur positionnement en fonction des niveaux de risque proposés ci-dessus, est issu de plus de 3 ans de pratiques régulières des matrices de paramétrage déployées dans le cadre de démarches de Sureté de Fonctionnement, démarches que nous avons le plus souvent mise en œuvre pour des équipements destinés à entrer dans la composition de véhicules automobiles.

Bien que ces matrices aient été testées sur bon nombre de projets, aucune grille ne peut être considérée comme universelle ; aussi, il est impératif pour chaque entreprise de les adapter en fonction de leur produit / connaissance des outils / culture, avant de commencer toute démarche.

A. Matrice de paramétrage de la partie fonctionnelle du plan de validation

Sur l'axe impact de la matrice de paramétrage fonctionnel, nous avons choisi de reprendre les niveaux de la grille de cotation de la sévérité proposée dans le recueil FMEA édité par l'AIAG^[9], cette échelle présentant l'avantage d'être relativement universelle et simple de compréhension pour les équipes.

Sur l'axe « confiance dans le développement », nous avons choisi une échelle en fonction de degré d'évolution des critères du cahier des charges analysé par rapports aux critères des cahiers des charges classiquement reçus, partant de l'hypothèse qu'il est toujours plus « hasardeux » de concevoir des fonctionnalités nouvelles, que de concevoir un système aux performances « classiques ».

Pour valider le cahier des charges, nous avons retenu 3 méthodologies :

- La validation par expertise où l'expert, au regard du plan du système, assure dans un procès-verbal rédigé sur la base de son expérience, que les niveaux attendus des

critères de performance de la fonction considérée seront atteints. On notera ici qu'un tel mode de validation ne peut être envisagé que si la fonction d'expert est une fonction réellement reconnue dans l'entreprise, qualification définie qu'au terme d'un certain nombre d'année d'expériences...

- L'AMDEC dans son approche fonctionnelle (approche que D.H. STAMATIS appelle System FMEA dans son ouvrage consacré à l'AMDEC^[10]). Cependant ici, contrairement au mode classique du calcul de la criticité $C = O \times G \times V$ où la note de validation (aussi appelée détection) est déterminée sur la base du plan de validation prévisionnel préalablement rédigé, nous inversons la formule pour mettre la note de validation en donnée de sortie $V = \frac{C_{\text{objectif}}}{O \times G}$ et ainsi, au regard de cette note, déterminer dans les grilles de cotation, le mode de validation à mettre en œuvre pour viser un niveau de risque objectif.
- Rien : Le niveau de risque est suffisamment faible pour qu'il soit raisonnable de s'abstenir de déployer quelconque outil d'analyse.

La grille de paramétrage ainsi définie se présente sous la forme suivante :

		Taux d'évolution des fonctions du cahier des charges			
		1 - Niveau du critère reconduit des projets précédents / Confiance absolue quant à la tenue du critère	2 - Evolution mineure du niveau du critère / Confiance forte quant à la tenue du critère	3 - Evolution majeure du niveau du critère / Confiance moyenne quant à la tenue du critère	4 - Nouveau critère ou fonction nouvelle / Confiance faible quant à la tenue du critère
Importance de la fonction	1 : Fonction esthétique / bruyance	Rien	Rien	Validation par expertise	Validation par expertise
	2 : Fonction secondaire du système	Rien	Validation par expertise	Validation par expertise	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)
	3 : Fonction primaire du système	Validation par expertise	Validation par expertise	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)
	4 : Fonction réglementaire liée à la sécurité	Validation par expertise	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)

Fig. 7. Matrice de paramétrage du plan de validation fonctionnel

En l'utilisant pour les fonctions de notre rasoir, l'équipementier a construit le plan de validation suivant, constituant le premier tiers du plan de validation complet :

Fonction	Importance "I"	Evolution "E"	Mode de validation de la fonction
FP1 : le rasoir doit permettre à la main de couper les poils	3	3	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)
FP2 : le rasoir doit permettre à la main d'hydrater la peau	2	1	Rien
FC1 : le rasoir doit être préhensible par la main	3	2	Validation par expertise
FC2 : le rasoir doit préserver la peau	4	2	Plan de validation construit suite à l'AMDEC Système (approche fonctionnelle)
FC3 : le rasoir doit résister à l'eau	2	3	Validation par expertise
FC4 : le rasoir doit résister à la mousse à raser	2	1	Rien
FC5 : le rasoir doit plaire à l'œil	1	2	Rien

Fig. 8. Plan de validation fonctionnel du rasoir

B. Matrice de paramétrage de la partie dysfonctionnelle global système du plan de validation (tenue des objectifs de fiabilité globaux système)

L'évaluation de la puissance des conséquences des modes de défaillance des fonctions constituant une donnée d'entrée pour le concepteur, nous avons repris intégralement les niveaux présentés plus haut pour l'axe « impact » de notre matrice.

Sur l'axe « confiance dans le développement », nous proposons d'objectiver les niveaux par les critères proposés par PSA dans sa procédure d'Analyse Préliminaire de Risque [7] (niveaux définis en fonction de la récurrence de la présence du mode de défaillances dans les projets précédents). Nous proposons également d'objectiver ces niveaux par l'instant dans le projet où ces modes de défaillance ont été détectés lors de développements précédents. En effet, si dans un projet précédent, un mode de défaillance a été détecté tard, c'est qu'il est suffisamment pernicieux pour être encore présent dans le projet considéré.

Aux équipes du concepteur de choisir le mode d'évaluation du critère « confiance » en fonction du retour d'expérience qu'ils possèdent.

Pour valider la tenue des objectifs de fiabilité demandés, nous proposons de déployer une des quatre méthodologies suivantes selon le niveau de risque défini par le concepteur :

- Une validation par dire d'expert ou comme pour la partie précédente, l'expert engage sa responsabilité en affirmant que le système tiendra (ou non) le niveau de fiabilité alloué.
- Une validation par analyse de bases de retour d'expériences issues des projets précédents aujourd'hui mis sur le marché.
- Une validation par construction d'un arbre de défaillance chiffré par l'utilisation des données présentes dans des bases de retour d'expériences
- Une validation par construction d'un arbre de défaillance chiffré par essais de fiabilité et/ou par fiabilité prévisionnelle.

Notre grille de paramétrage ainsi définie se présente sous la forme suivante :

		Niveau de confiance quant à la tenue des objectifs de fiabilité liés aux ER			
		1 : Confiance absolue quant à la tenue de l'objectif de fiabilité # Défaillance jamais observée lors de développements précédents	2 : Forte confiance quant à la tenue de l'objectif de fiabilité # Défaillance observée sur quelques développements ou lors d'essais de qualification	3 : Confiance moyenne quant à la tenue de l'objectif de fiabilité # Défaillance observée sur plusieurs développements ou lors d'essais véhicule	4 : Faible confiance quant à la tenue de l'objectif de fiabilité # Défaillance observée plusieurs fois sur plusieurs développements ou sur des véhicules clients
Gravité des impacts client	ER 1 : "On s'en accomode"	Validation par dire d'expert	Validation par dire d'expert	Validation par bases retex	Validation par bases retex
	ER 2 : Intervention nécessaire	Validation par dire d'expert	Validation par bases retex	Validation par bases retex	Arbre de défaillance chiffré par base Retex
	ER 3 : Panne véhicule	Validation par bases retex	Validation par bases retex	Arbre de défaillance chiffré par base Retex	Arbre de défaillance chiffré par essai et/ou fiab prévisionnelle
	ER 4 : Sécurité	Validation par bases retex	Arbre de défaillance sans coupe niveau 1 chiffré par base Retex	Arbre de défaillance sans coupe niveau 1 chiffré par essai et/ou fiab prévisionnelle	Arbre de défaillance sans coupe niveau 1 chiffré par essai et/ou fiab prévisionnelle

Fig. 9. Matrice de paramétrage du plan de validation des objectifs de fiabilité

Pour répondre aux objectifs de fiabilité relatifs au rasoir, le concepteur a utilisé cette matrice qui a donné le plan de validation suivant, constituant le deuxième tiers du plan de validation complet :

N°	Evénement redouté	Gravité "G"	Confiance "C"	Mode de validation de l'ER
ER4-01	Coupe sans qu'on le demande	4	4	Arbre de défaillance sans coupe niveau 1 chiffré par essai et/ou fiab prévisionnelle
ER3-01	Ne rase plus	3	1	Validation par bases retex
ER3-02	N'hydrate pas	3	4	Arbre de défaillance chiffré par essai et/ou fiab prévisionnelle
ER3-03	N'est plus préhensible par la main	3	1	Validation par bases retex
ER2-01	Rase mal	2	3	Validation par bases retex
ER2-02	N'hydrate plus	2	4	Arbre de défaillance chiffré par base Retex
ER1-01	Hydrate mal	1	3	Validation par bases retex
ER1-02	Est mal préhensible par la main	1	1	Validation par dire d'expert

Fig. 10. Plan de validation des objectifs de fiabilité du rasoir

C. Matrice de paramétrage du plan de validation des composants (tenue des composants dans le temps)

Pour rester en cohérence avec la grille de paramétrage des fonctionnalités, nous avons choisi de reprendre pour l'axe impact, le type de fonction impacté par le composant étudié (fonction sécuritaire, primaire, secondaire ou esthétique).

Sur l'autre axe, partant toujours du principe qu'un composant innovant présente plus de risque de défaillance qu'un composant déjà éprouvé dans des systèmes comparables, nous avons choisi de coter cet axe « confiance dans le développement » avec les niveaux suivants :

- Reprise composant éprouvé en série (et dans les mêmes conditions d'utilisation)
- Reprise composant éprouvé en série mais dans conditions d'utilisation différentes
- Nouveau composant conçu selon concept éprouvé
- Nouveau composant conçu selon concept innovant

Pour valider les composants, nous avons retenu les 4 méthodologies suivantes :

- Rien : Pour les composants pour lesquels le groupe juge qu'il a un retour d'expériences suffisant et qu'il n'est donc pas nécessaire de déployer quelque analyse.
- Une validation par vérification effectuée par un expert qui jugera si le composant a bien été réutilisé dans les mêmes conditions, et si non, si les écarts sont gênants ou non. On peut ici se rapprocher de l'approche DRBFM proposé par TOYOTA [11].
- Dire d'expert ou comme pour la partie précédente, l'expert engage sa responsabilité en affirmant (ou non) que le composant tiendra le niveau de fiabilité alloué.
- Une validation par analyse des bases de retour d'expériences issues des projets précédents aujourd'hui mis sur le marché.
- Une validation construite par la mise en œuvre de l'AMDEC mais ici dans son approche « composants » (approche que D.H. STAMATIS appelle

Design FMEA^[10]). De même que pour l'approche fonctionnelle, nous inverserons le calcul de la criticité pour mettre en évidence la note de validation en donnée de sortie par la formule $V = \frac{C_{\text{objectif}}}{O \times G}$ et ainsi, au regard de

cette note, déterminer dans les grilles de cotation, le mode de validation à mettre en œuvre pour viser un niveau de risque objectif.

- Et pour les risques les plus élevés, une validation par essai de fiabilité.

Ainsi, notre grille de paramétrage se présente sous la forme suivante :

		Degré d'évolution du composant			
		1- Reprise composant éprouvé en série (et dans les mêmes conditions d'utilisation)	2- Reprise composant éprouvé en série mais dans conditions d'utilisation différentes	3- Nouveau composant désigné selon concept éprouvé	4- Nouveau composant désigné selon concept innovant
Importance du composant	1- Composant impactant une fonction esthétique / bruyance	Rien	Rien	Validation par check list de vérification de la conformité au référentiel de conception	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
	2- Composant impactant une fonction secondaire du système	Rien	Analyse de l'impact des écarts (vérification / référentiel de conception)	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
	3- Composant impactant une fonction primaire du système	Validation par vérification de la copie conforme	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)	Validation par essais de fiabilité
	4- Composant impactant une fonction liée à la sécurité	Validation par vérification de la copie conforme	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)	Validation par essais de fiabilité	Validation par essais de fiabilité

Fig. 11. Matrice de paramétrage du plan de validation des composants du système

Ainsi, en utilisant cette grille, le concepteur a défini le plan de validation « composants » suivant, plan de validation constituant le troisième tiers du plan de validation complet :

Composant	Importance "I"	Evolution "E"	Mode de validation du composant
Manche	3	1	Validation par vérification de la copie conforme
Tête	3	3	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
Contre-lame	3	3	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
Lames	4	3	Validation par essais de fiabilité
Capuchon	1	1	Rien
Lubrifiant	2	2	Analyse de l'impact des écarts (vérification / référentiel de conception)
Liaison Main / Manche	2	2	Analyse de l'impact des écarts (vérification / référentiel de conception)
Liaison Manche / Tête	3	1	Validation par vérification de la copie conforme
Liaison Tête / Lames	3	3	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
Liaison Lames / Contre-lames	3	3	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
Liaison Lames / Poils	3	2	Plan de validation construit suite à AMDEC Produit (approche composant)
Liaison Contre-lame / Lubrifiant	2	1	Rien
Liaison Lubrifiant / Peau	4	1	Validation par vérification de la copie conforme

Fig. 12. Plan de validation des objectifs de fiabilité du rasoir

Dans la pratique, on remarque souvent que, pour les composants nécessitant une validation par essai de fiabilité définie par la matrice ci-dessus, un mode de validation semblable leur avait déjà été assigné par l'arbre de défaillance demandé par la matrice de paramétrage du mode de validation des objectifs de fiabilité (matrice N°2).

Cependant, il peut arriver que la matrice « composant » ci-dessus demande un mode de validation plus poussé pour un composant donné alors que la défaillance dudit composant n'entraîne pas dans les arbres de défaillance demandés pour valider la tenue aux objectifs de fiabilité assignés par le client. Aussi, cette troisième matrice doit être considérée comme un complément à la matrice de paramétrage des modes de validation des objectifs de fiabilité globaux système.

IV. CONCLUSION

Par ce témoignage présentant une approche que nous déroulons depuis déjà quelques années dans l'industrie, notamment automobile, nous montrons qu'il est possible de mener des études de « Sûreté de Fonctionnement » pas trop lourdes (et donc compatibles avec les délais et coûts de développement inhérents à toute industrie hyperconcurrentielle) car constituées d'analyses plus ou moins légères, sélectionnées de façon très rapide et ce, dès le début du projet.

En effet, partant de la maxime que « trop d'analyses tuent l'analyse », l'approche que nous présentons ici permet, par un paramétrage objectif, de n'effectuer que les analyses pertinentes eu égard au contexte. Un tel paramétrage, effectué en tout début de projet, permet au concepteur de prévoir dès la phase acquisition, le volume d'analyse à mener pour satisfaire son client. Celui-ci, de son côté, voyant que ses données d'entrée seront validées par des méthodes appropriées, aura d'autant plus confiance en les capacités de son fournisseur à lui proposer un système répondant à ses attentes.

Nous sommes donc ici dans une approche gagnant – gagnant – gagnant :

- Gagnant pour le chef de l'entreprise conceptrice qui pourra prévoir ses coûts de développement.
- Gagnant pour l'équipe de conception qui n'aura pas l'impression de passer du temps à faire des analyses « paperasses » mais des analyses « qui servent ».
- Gagnant pour le client qui recevra un produit plus sûr car issu d'analyses de risques pertinentes.

Une telle approche contribue à relever le défi actuel de la réduction des temps de développement couplé à l'accroissement des durées de garantie client, observé notamment dans l'industrie automobile.

V. REFERENCES

- [1] Renault SA – Norme 01.33.200 – AMDEC (Analyse des Modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité) - 2011
- [2] Habib HADJ-MABROUCK – L'analyse préliminaire de risques – Hermès Paris- 1997
- [3] Vincent OZOUF, Maurice PILLET – Paramétrez le champ de vos AMDEC Produit grâce à l'APR – lambda-mu 16 - 2008
- [4] AFNOR – NF X50-151 : Management par la valeur - Expression Fonctionnelle du Besoin et cahier des charges fonctionnel - Exigences pour l'expression et la validation du besoin à satisfaire dans le processus d'acquisition ou d'obtention d'un produit – Septembre 2007
- [5] Peugeot SA – Procédure interne A15 21 50 – Cahier des charges fonctionnel
- [6] Peugeot SA – Procédure interne A12 40 50 – Analyse fonctionnelle
- [7] Peugeot SA – Guide APR9902RSDF – La méthode Analyse Préliminaire de Risques – 1999
- [8] A. VILLEMEUR – Sûreté de Fonctionnement des systèmes industriels – Eyrolles Paris – 1987

[9] AIAG (Chrysler, Ford, General Motors) – QS9000 – Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) 4th edition – Juin 2008

[10] D.H. STAMATIS – Failure Mode and Effect Analysis – 1995

[11] Bill HAUGHEY – Design Review Based on Failure Modes (DRBFM) and Design Review Based on Test Results (DRBTR), Process Guidebook – SAE International – 2012.

.