



Adaptation de FIDES2009 à l'industrie automobile

Adaptation of FIDES2009 to the Automotive Industry

THONVILLE Amelie
Valeo Powertrain
Cergy
amelie.thionville@valeo.com

CHOKKALINGAM Naveenkumar
Valeo India Private Limited
Chennai
naveenkumar.chokkalingam@valeo.com

Résumé — La base de données pour les calculs de fiabilité chez Valeo Powertrain était la norme IEC/TR 62380. Malgré toutes ses faiblesses, l'utilisation d'une seule norme permettait à Valeo Powertrain de réaliser des études comparatives et d'alimenter les analyses de sécurité pour le calcul des métriques d'architectures selon la norme ISO26262. Depuis, cette norme a été retirée et remplacée par IEC61709:2017. Lors de la recherche d'une norme pour remplacer l'IEC/TR62380, Valeo Powertrain a évalué différentes bases de données sur la base de critères qualitatifs : ancienneté, reconnaissance internationale, disponibilité du taux de défaillance de base, ... Le choix s'est porté sur la norme FIDES :2009.

La force des modèles méthodologiques FIDES est de couvrir les défaillances dues à des causes intrinsèques (la technologie ou la qualité de fabrication et de distribution des articles étudiés) ainsi qu'à des causes extrinsèques (la spécification, la conception, l'approvisionnement, la production ou l'intégration des équipements). Cependant, c'est aussi une faiblesse puisque cela signifie qu'il y a un grand nombre de paramètres à ajuster ce qui pourrait générer une grande diversité sur le résultat. De plus, la dynamique de projet ne permet pas toujours d'analyser en détail chaque paramètre pour une carte complète.

L'objectif était donc d'analyser chacun des paramètres et d'identifier s'il était possible de définir une valeur par défaut. Ce travail s'est fait principalement en deux étapes. La première a commencé avec les paramètres liés au processus : Fabrication des pièces, Processus et Application et pour proposer en fonction du système de gestion de la qualité ou de la qualification des pièces une valeur par défaut. La seconde, toujours en cours, consiste à définir, à partir de règles de conception internes comme le rapport de tension maximum par exemple ou une analyse sensible, une valeur par défaut.

Les gains attendus résident dans la réduction du nombre de paramètres à régler pour une optimisation du temps de réalisation des calculs de fiabilité mais aussi une reproductibilité d'un ingénieur à l'autre ainsi Valeo Powertrain pourra continuer à réaliser des études comparatives.

Mots-clefs — *fiabilité, automobile, FIDES, sécurité fonctionnelle, qualité*

Abstract — The database for reliability calculation at Valeo Powertrain was the IEC/TR62380 standard. Despite all its weaknesses, the use of a single standard allowed Valeo Powertrain to carry out comparative studies and to supply safety analyses for the calculation of architectural metrics according to ISO26262. Since this standard has been withdrawn and replaced by IEC61709:2017. When searching for a standard to replace IEC/TR62380, Valeo Powertrain evaluated different databases based on qualitative criteria: seniority, international acknowledge, availability of basic failure rate, ... The choice fell on the FIDES:2009 standard.

The strength of the FIDES methodology models is that it covers the failures due to intrinsic causes (the technology or quality of manufacturing and distribution of the items studied) as well as extrinsic causes (the specification, design, sourcing, production or integration of the equipment). However, it is also a weakness since it means that there are a large number of parameters to adjust which could generate a large diversity on the result. Moreover, the dynamic of project does not always allow to analyze in detail each parameter for a complete board.

Therefore, the objective was to analyze each of the parameters and identify whether it was possible to define a default value. This work was done mainly in two steps. The first one has begun with the process related parameters: Part Manufacturing, Process and Application and to propose according to Quality Management System or Part Qualification a default value. The second one, still in progress, is to define based on internal design rules like maximum voltage ratio for example or sensitive analysis a default value.

The expected gains are by reducing the number of parameters to adjust an optimization of time for carrying out reliability calculations but also reproducibility from one engineer to another and Valeo Powertrain could continue to perform comparative studies.

Keywords — *Reliability, Automotive, FIDES, Functional Safety, Quality*

I. INTRODUCTION ET CONTEXTE

Dans le cadre des études de sécurité selon la norme ISO26262 :2018, les industriels du secteur automobile doivent faire la démonstration que le risque résiduel pour un évènement redouté donné a atteint un niveau acceptable ; à titre illustratif un évènement redouté à considérer pourrait être l'accélération intempestive d'un véhicule. Cette démonstration se fait à la fois d'un point de vue qualitatif en respectant un processus de développement mais aussi d'un point de vue quantitatif sur la base de trois critères :

- le SPFM, Single Point Fault Metric (extrait ci-dessous des valeurs cibles selon l'ISO 26262 :2018, partie 5) :

	ASIL B	ASIL C	ASIL C
Single Point Fault Metric	≥ 90%	≥ 97%	≥ 99%

Tableau 1 : Source possible pour la définition du critère « Single Point Fault Metric »

- le LFM, Latent Fault Metric (extrait ci-dessous des valeurs cibles selon l'ISO 26262 :2018, partie 5) :

	ASIL B	ASIL C	ASIL C
Latent Fault Metric	≥ 60%	≥ 80%	≥ 90%

Tableau 2 : Source possible pour la définition du critère « Latent Fault Metric »

- et le PMHF, Probabilistic Metric for random Hardware Failures (extrait ci-dessous des valeurs cibles selon l'ISO 26262 :2018, partie 5) :

ASIL	Random hardware failure target values
D	$< 10^{-8} \text{ h}^{-1}$
C	$< 10^{-7} \text{ h}^{-1}$
B	$< 10^{-7} \text{ h}^{-1}$

Tableau 3 : Source possible pour la définition du critère « Probabilistic Metric for random Hardware Failures »

Le calcul de ces trois métriques s'appuie sur la classification suivante des modes de défaillance :

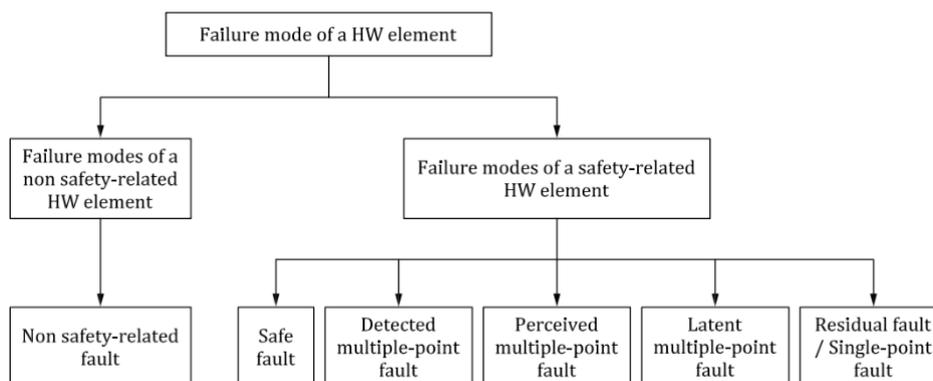


Figure 1 : Classification des modes de défaillance pour un composant électronique

Le taux de défaillance, λ , de chaque composant lié à la sécurité peut donc être exprimé selon l'équation suivante :

$$\lambda = \lambda_{SPF} + \lambda_{RF} + \lambda_{MPF} + \lambda_S$$

λ_{SPF} est le taux de défaillance associé aux défauts d'ordre unitaire d'un composant électronique (single point fault) ;

λ_{RF} est le taux de défaillance associé aux défauts résiduels d'un composant électronique (residual fault) ;

λ_{MPF} est le taux de défaillance associé aux défauts d'ordre multiple d'un composant électronique (multiple point faults) ;

λ_S est le taux de défaillance associé aux défauts dit sûr d'un composant électronique (safe fault).

Selon l'ISO 26262 :2018 partie 5, annexe C, le SPFM représente la robustesse de l'élément aux défauts d'ordre unitaire et résiduels, soit par la couverture des mécanismes de sécurité, soit par la conception (principalement les défauts dit sûr), une interprétation graphique et la formule mathématique associée de ce métrique pourrait être les suivants :

$$1 - \frac{\sum_{SR,HW} (\lambda_{SPF} + \lambda_{RF})}{\sum_{SR,HW} \lambda} = \frac{\sum_{SR,HW} (\lambda_{MPF} + \lambda_S)}{\sum_{SR,HW} \lambda}$$

Équation 1 : Formule mathématique du critère « Single Point Fault Metric »

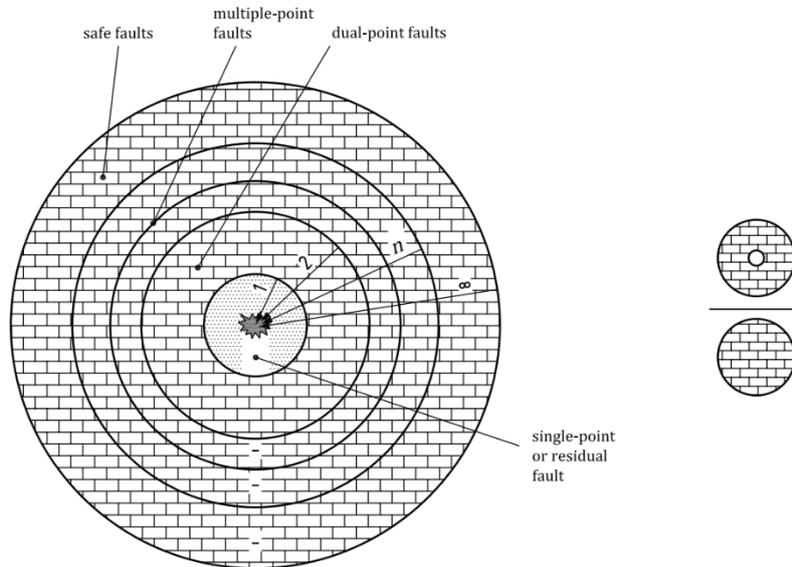


Figure 2 : Représentation graphique du critère « Single Point Fault Metric »

Sur la base de cette illustration sur le SPFM, et du PMHF, il est aisé de comprendre l'importance d'avoir une évaluation de la fiabilité prévisionnelle qui soit précise.

La méthodologie FIDES utilise le modèle général de fiabilité suivant :

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \cdot \Pi_{\text{PM}} \cdot \Pi_{\text{Process}}$$

Où :

- λ est le taux de défaillance du composant électronique
- $\lambda_{\text{Physique}}$ représente la contribution physique
- Π_{PM} (PM pour Part Manufacturing) traduit la qualité et la maîtrise technique de fabrication de l'article
- Π_{Process} traduit la qualité et la maîtrise technique du processus de développement, de fabrication et d'utilisation du produit contenant l'article.

La contribution physique se décompose elle-même :

$$\lambda_{\text{Physique}} = [\sum (\lambda_0 \cdot \Pi_{\text{acceleration}})] \cdot \Pi_{\text{induit}}$$

Où :

- λ_0 représente le taux de défaillance de base de l'article
- $\Pi_{\text{acceleration}}$ représente un facteur d'accélération traduisant la sensibilité aux conditions d'utilisation ou contraintes physiques (thermique, électrique, cyclage thermique, mécanique, humidité, chimique, thermo-électrique)
- Π_{induit} représente la contribution des facteurs induits inhérents à un domaine d'application

Le facteur Π_{PM} fabrication du composant se décompose lui-même :

$$\Pi_{\text{PM}} = e^{\delta_1 (1 - \text{Part_Grade}) - \alpha_1}$$

Le facteur Π_{Process} se décompose lui-même :

$$\Pi_{\text{Process}} = e^{\delta_2 (1 - \text{Part_Grade})}$$

Cette succincte description du modèle de fiabilité montre qu'il peut s'avérer complexe d'évaluer les différents paramètres de cette méthodologie

Au moment de basculer sur la méthodologie FIDES, il s'est donc posé principalement deux questions :-

- Comment s'assurer de la répétabilité des résultats d'un ingénieur à un autre ingénieur ? Il ne faut pas qu'en fonction de l'analyste il y ait une variabilité dans les résultats
- Comment optimiser les temps d'analyse ? Le secteur automobile est un secteur contraint dans les temps de développement mais aussi dans les processus de développement et les certifications Qualité. Est-il envisageable d'exploiter cette contrainte pour en faire une règle ?

II. METHODOLOGIE

Le choix a été fait de travailler en priorité sur les contributeurs processus : le facteur de fabrication Π_{PM} et le facteur processus d'ingénierie de la fiabilité $\Pi_{Process}$, puis de travailler sur une étude de sensibilité sur le paramètre $\Pi_{acceleration}$ et plus particulièrement sur la contribution de la contrainte thermo-électrique.

A. Le facteur fabrication composant Π_{PM}

Ce facteur s'appuie principalement sur :

- $AQ_{fabricant}$, les différents sites Valeo sont certifiés ISO/IATF 16949, ce facteur peut prendre de manière générique la valeur de $AQ_{fabricant} = 3$

Niveau d'assurance qualité du fabricant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{fabricant}$
Certifié ISO/TS16949 V2002	Supérieur	3
Certifié selon l'une des normes suivantes : QS9000, TL9000, ISO/TS 29001, EN9100, AS9100, JISQ 9100, AQAP 2110, AQAP 2120, AQAP 2130, IRIS, IEC TS 62239, ESA ECSS-Q-60B, MIL-PRF-38535 QML	Equivalent	2
Certifié ISO 9000 version 2000	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

Tableau 4 : Niveau d'assurance qualité du fabricant

- $AQ_{composant}$, les composants électroniques doivent être qualifiés selon les standards du secteur AEC-Qxxx. Si une résistance est choisie en exemple, elle sera qualifiée selon l'AEC-Q200, dans ce cas $AQ_{composant} = 3$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{composant}$
Qualification selon l'une des normes suivantes : AEC Q200, MIL-PRF-xxxx niveau S, MIL-PRF-xxxx niveau R, MIL-PRF-xxxx niveau D, MIL-PRF-xxxx niveau C, ESA ESCC 3xxx niveau B ou ESA ESCC 40xx niveau B, NASDAQTS-xxxx classe I	Supérieur	3
Qualification selon l'une des normes suivantes : MIL-PRF-xxx niveau P, MIL-PRF-xxxx niveau B, ESA ESCC 3xxx ou ESA ESCC 40xx niveau C, NASDAQTS-xxxx classe II avec pour ces normes identification des sites de fabrication	Equivalent	2
Qualification selon l'une des normes suivantes : homologué CECC, MIL-PRF-xxxx niveau M, ou programme de qualification interne au fabricant et sites de fabrication non identifiés	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

Tableau 5 : Niveau d'assurance qualité du composant

- ε modèle associé au facteur d'expérience, ce facteur s'appuie sur les processus d'achats et d'assurance qualité fournisseur. En regard des règles internes à Valeo, ce facteur peut prendre la valeur de 4 « Fabricant reconnu – Procédés matures pour l'article considéré »

Description du risque lié à l'utilisation de ce fabricant	Valeur du facteur ε
Fabricant reconnu - Procédés matures pour l'article considéré	4
Fabricant reconnu - Procédés non analysés ou non matures pour l'article considéré	3
Fabricant non reconnu (par exemple jamais audité ou audité depuis plus de 6 ans) ou fabrications de petite série	2
Précédente disqualification ou problème en retour d'exploitation	1

Tableau 6 : Description du risque lié à l'utilisation de ce fabricant

- $AF_{composant}$ pour les composants actifs

A titre d'exemple, le facteur fabrication composant Π_{PM} a pu être défini avec une valeur générique de $\Pi_{PM} = 0,5$ pour les familles de composants suivants : résistances, condensateurs céramiques, condensateurs aluminium, condensateurs au tantale, composants magnétiques (inductances et transformateurs) et composants piézoélectriques (oscillateurs et quartz) et une valeur de $\Pi_{PM} = 0,8$ pour les connecteurs.

Le secteur de l'aérospatial [6] a choisi d'adapter le facteur d'assurance qualité du composant $AQ_{\text{composant}}$ pour prendre en compte l'adaptation des tests qui sont faits dans ce secteur. Les standards du secteur automobile faisant parti du référentiel, il n'a pas été considéré comme nécessaire d'adapter ce facteur.

B. Le facteur processus d'ingénierie de la fiabilité Π_{Process}

L'audit de processus couvre l'ensemble du cycle de vie : spécification, conception, fabrication, intégration équipement, intégration système, exploitation et maintenance, et activités support. Dans la publication [5], le secteur aérospatial propose d'utiliser cet audit d'évaluation du facteur Π_{Process} comme support à la construction d'un management de la fiabilité. Sans parler d'un plan de sûreté de fonctionnement, on y retrouve néanmoins les éléments clés comme la définition des interlocuteurs, le périmètre incluant les exigences de fiabilité et la complexité du système, la planification des activités et de leur vérification. Mais dans la publication [6], ce même secteur envisage de reconsidérer certaines questions voire d'en rajouter pour prendre en considération les spécificités du cycle de vie comme l'absence de maintenance physique, ou les opérations commandées à distance ...

Dans le cas de Valeo, le premier exercice a été d'essayer de répondre à l'ensemble du questionnaire de l'audit pour en ressortir une valeur générique en regard des pratiques du secteur. On s'est retrouvé confronté en tant qu'équipementier dans l'incapacité de répondre de manière robuste à l'ensemble des questions et plus particulièrement sur les points portant sur l'intégration système et l'exploitation du système. Contrairement à la phase de conception où il était possible de construire une réponse justifiée.

Un axe de travail serait soit à l'instar du secteur aérospatial de travailler sur une grille d'audit spécifique au secteur automobile soit de définir une valeur par défaut du facteur processus d'ingénierie de la fiabilité Π_{Process}

C. La contribution physique $\lambda_{\text{Physique}}$

Prenons le cas d'une résistance, le modèle de la contribution physique, $\lambda_{\text{Physique}}$, associé est le suivant :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \lambda_{0_R\text{ésistance}} \times \sum_i^{\text{Phases}} \left(\frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left(\Pi_{\text{Thermo-électrique}} + \Pi_{\text{TCy}} + \Pi_{\text{Mécanique}} + \Pi_{\text{RH}} \right)_i \times \left(\Pi_{\text{Induit}} \right)_i$$

Équation 2:Modèle mathématique de la contribution physique pour une résistance

Avec les contributions associées aux stress Physiques ci-dessous :

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$	En phase de fonctionnement : $\gamma_{\text{TH-EL}} \times e^{11604 \times 0.15 \times \left[\frac{1}{293} \left(\frac{1}{T_{\text{ambiante-care}} + 273 + A \times \frac{P_{\text{appliquée}}}{P_{\text{nominale}}}} \right) \right]}$ En phase de non-fonctionnement : $\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0$
Π_{TCy}	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left(\frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left(\frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1.9} \times e^{1414 \times \left[\frac{1}{313} \left(\frac{1}{T_{\text{max-cyclage}} + 273} \right) \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\gamma_{\text{Meca}} \times \left(\frac{G_{\text{RMS}}}{0.5} \right)^{1.5}$
Π_{RH}	$\gamma_{\text{RH}} \times \left(\frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4.4} \times e^{11604 \times 0.9 \times \left[\frac{1}{293} \left(\frac{1}{T_{\text{ambiante-care}} + 273} \right) \right]}$ En phase de fonctionnement : $\Pi_{\text{RH}} = 0$

Tableau 7 : Contributions associées aux stress physiques pour une résistance

Sur le facteur d'accélération, lié au stress Thermo-électrique, $\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$, dans le cadre d'une étude de sensibilité, seul le rapport $P_{\text{appliquée}}$ sur P_{nominale} a évolué :

Cas d'une résistance de type 0402

Composant	Description	FIT
R735_100%	RES 0 5% 63mW TF 200ppm 0402	0,18584
R735_75%	RES 0 5% 63mW TF 200ppm 0402	0,18582
R735_50%	RES 0 5% 63mW TF 200ppm 0402	0,18580
R735_25%	RES 0 5% 63mW TF 200ppm 0402	0,18578

Tableau 8 : Influence du stress électrique sur le taux de défaillance pour une résistance 0402

Cas d'une résistance de type 1206

Composant	Description	FIT
R1001_100%	RES 120 5% 250mW TF 200ppm 1206	0,12783
R1001_75%	RES 120 5% 250mW TF 200ppm 1206	0,12781
R1001_50%	RES 120 5% 250mW TF 200ppm 1206	0,12780
R1001_25%	RES 120 5% 250mW TF 200ppm 1206	0,12778

Tableau 9 : Influence du stress électrique sur le taux de défaillance pour une résistance 1206

Cette étude de sensibilité réalisée sur un large échantillon de résistances a permis de mettre en évidence que le rapport $P_{appliquée}$ sur $P_{nominale}$ avait peu d'influence sur le résultat final.

Prenons, cette fois-ci le cas d'un condensateur céramique, le modèle de la contribution physique, $\lambda_{Physique}$, associée est le suivant :

$$\lambda_{Physique} = \lambda_{0_Condensateur} \times \sum_i^{Phases} \left(\frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left(\Pi_{Thermo-électrique} + \Pi_{TCy} + \Pi_{Mécanique} \right)_i \times \left(\Pi_{Induit} \right)_i$$

Équation 3 : Modèle mathématique de la contribution physique pour un condensateur

Avec les contributions associées aux stress Physiques ci-dessous :

$\Pi_{Thermo-électrique}$	En phase de fonctionnement : $\gamma_{TH-EL} \times \left(\frac{1}{S_{référence}} \times \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \right)^3 \times e^{11604 \times Ea \times \left[\frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante-cara} + 273)} \right]}$
Π_{TCy}	En phase de non-fonctionnement : $\Pi_{Thermo-électrique} = 0$ $\gamma_{TCy} \times \left(\frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left(\frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[\frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Mécanique}$	$\gamma_{Méca} \times \left(\frac{G_{RMS}}{0,5} \right)^{1,5}$

Tableau 10 : Contributions associées aux stress physiques pour un condensateur

Sur le facteur d'accélération, lié au stress Thermo-électrique, $\Pi_{Thermo-électrique}$, dans le cadre d'une étude de sensibilité, seul le rapport $V_{appliquée}$ sur $V_{nominale}$ a évolué :

Cas d'un condensateur céramique de type 0805

Composant	Description	FIT
C7054_100%	CAP 10uF 10% 10V X7R 0805	20,4293
C7054_75%	CAP 10uF 10% 10V X7R 0805	15,6501
C7054_Std	CAP 10uF 10% 10V X7R 0805	13,9481
C7054_50%	CAP 10uF 10% 10V X7R 0805	13,1958
C7054_25%	CAP 10uF 10% 10V X7R 0805	12,2917

Tableau 11 : Influence du stress électrique sur le taux de défaillance pour un condensateur 0805

Cas d'un condensateur céramique de type 0402

Composant	Description	FIT
C0100_100%	CAP 1nF 10% 50V X7R 0402	1,0378
C0100_75%	CAP 1nF 10% 50V X7R 0402	0,6396
C0100_Std	CAP 1nF 10% 50V X7R 0402	0,4978
C0100_50%	CAP 1nF 10% 50V X7R 0402	0,4351
C0100_25%	CAP 1nF 10% 50V X7R 0402	0,3597

Tableau 12 : Influence du stress électrique sur le taux de défaillance pour un condensateur 0402

Cette étude de sensibilité réalisée sur un large échantillon de condensateurs a permis de mettre en évidence que la variabilité du rapport $V_{appliquée}$ sur $V_{nominale}$ était acceptable dans la mesure où il restait inférieur à une valeur standard. Cette valeur correspond aux règles de conception de la discipline électronique.

III. CONCLUSION

En conclusion en travaillant sur le paramètre $\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$ des composants de type résistances et condensateurs qui composent généralement près de 80% de la nomenclature, il est possible d'optimiser la durée de l'analyse avec un impact acceptable pour le résultat global. Cette assertion doit cependant être modérée dans le cadre d'un ASIL_D où la précision sur le résultat du calcul de fiabilité peut être critique puisqu'il faut être capable de démontrer un PMHF inférieur à 10 FIT. Cette étude de sensibilité doit être finalisée pour l'ensemble des familles de composants.

Travailler sur le facteur de fabrication Π_{PM} , permet principalement de réduire la variabilité d'un analyste à un autre, même si l'impact sur le temps d'analyse n'est pas négligeable.

Le travail sur le troisième facteur, le facteur processus d'ingénierie de la fiabilité Π_{Process} , a été moins concluant, puisqu'il n'a pas été possible de définir une valeur générique. Les opportunités seraient de mener un travail à l'instar du secteur aérospatial de révision de la grille d'audit ou de construire une valeur par défaut spécifique au secteur automobile.

Cette étude a été menée sur la version 2009 de la méthodologie FIDES pour anticiper la publication de la norme IEC 63142 prévue en septembre 2024. Néanmoins cette démarche et les conclusions sont transposables à la version 2022 de la méthodologie FIDES.

REFERENCES

- [1] International Electrotechnical Commission, Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment, IEC TR 62380 : 2004
- [2] International Electrotechnical Commission, Electric components - Reliability - Reference conditions for failure rates and stress models for conversion, IEC 61709 : 2017
- [3] International Organization for Standardization, Road vehicles : Functional safety, ISO 26262 : 2018
- [4] Reliability Methodology for Electronic Defence Systems - Fides Guide, FIDES 2009
- [5] Aude Raffin, Stéphanie Bourbouse. Développement orienté pour la fiabilité d'équipements électroniques dans le domaine spatial. Congrès Lambda Mu 23 “ Innovations et maîtrise des risques pour un avenir durable ” - 23e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2022, Paris Saclay, France. fhal-03875994f
- [6] Bourbouse Stéphanie. Deployment and capitalization of FIDES for satellites within Airbus. Congrès Lambda Mu 23 “ Innovations et maîtrise des risques pour un avenir durable ” - 23e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2022, Paris Saclay, France. hal-03875984
- [7] New Reliability Prediction Methodology for Space Applications (NRPM) – ESA Contract 2020
- [8] Julie Berthon, Franck Davenel, Charles Le Coz, Patrick Carton, Gaëtan Pelloquin. Evolution de la méthodologie FIDES : focus sur le guide de maîtrise et d'audit du processus fiabilité. Congrès Lambda Mu 21, “ Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces ”, Oct 2018, Reims, France. hal-02065273