

## ENSEMBLE DE RECOMMANDATIONS POUR MIGRER DE LA MIL HDBK 217 VERS FIDES

### SET OF RECOMMENDATIONS TO MIGRATE FROM MIL HDBK 217 TO FIDES

Julien RIGO et Denis TOURTELIER  
DGA Maîtrise de l'Information  
BP7 35998 RENNES CEDEX 9  
02 99 42 91 45  
julien.rigo@intradef.gouv.fr

Franck DAVENEL.  
DGA Maîtrise de l'Information  
BP7 35998 RENNES CEDEX 9  
02 99 42 65 05  
franck.davenel@intradef.gouv.fr

#### Résumé

Depuis 1965, le guide MIL HDBK 217 fait partie des standards historiques utilisés par la grande majorité des équipementiers pour la prévision de fiabilité des équipements électroniques. Aujourd'hui, son adéquation avec l'évolution des composants et l'utilisation des systèmes n'est plus la meilleure qui soit et bon nombre d'utilisateurs sont contraints de mettre en place des recalages (plus ou moins précis et justifiés) pour rendre la prévision la plus juste possible. La transposition des évaluations MIL HDBK 217F vers FIDES est à présent réalisable de manière progressive et guidée, tant sur la mise en œuvre de l'outil d'expérimentation que sur le transfert des paramètres. En suivant les cinq recommandations contenues dans cet article, le fiabiliste sera en mesure de comparer sur plusieurs cartes ou équipements différents des évaluations effectuées avec la MIL HDBK 217F et FIDES. Outre la comparaison des valeurs de fiabilité obtenues, il pourra mener des études de sensibilité (variations des paramètres  $\Pi$ , du profil de vie...) pour en apprécier les effets sur le taux de défaillance prévisionnel et ainsi mieux appréhender les possibilités offertes par la méthodologie FIDES.

#### Summary

Since 1965, the MIL HDBK 217 Handbook is part of historic standards used by the great majority of the equipment manufacturers for the reliability prediction of electronic equipments. Today, its adequacy with the evolution of components and the use of the systems is not any more the best and a lot of users are forced to set up refining factors (more or less precise and justified) to make the most realistic prediction. The transposition of MIL HDBK 217 evaluations to FIDES is now practicable in a progressive and guided way, both on the use of the experimentation tool and on the transfer of the parameters. By following five recommendations contained in this article, the reliability engineer will be able to compare different electronic boards or equipments evaluations made with MIL HDBK 217 and FIDES. Besides the comparison of the obtained values of reliability, he can lead sensitivity studies (variations of the  $\Pi$  parameters, the life profile) to appreciate the effects on the predicted failure rate and so better dread the possibilities offered by the FIDES methodology.

---

#### Objectifs

Depuis 1965, le guide MIL HDBK 217 fait partie des standards historiques utilisés par la grande majorité des équipementiers pour la prévision de fiabilité des équipements électroniques. Aujourd'hui, son adéquation avec l'évolution des composants et l'utilisation des systèmes n'est plus la meilleure qui soit et bon nombre d'utilisateurs sont contraints de mettre en place des recalages (plus ou moins précis et justifiés) pour rendre la prévision la plus juste possible. Ce manque d'évolution du standard américain (la dernière mise à jour -notice 2- date de 1995) a eu pour conséquence de multiplier les types de recalages utilisés par les fiabilistes. Ce constat rend la pertinence des valeurs de fiabilité très discutable selon que les recalages aient été plus ou moins bien construits. Avec l'arrivée de FIDES (DAVENEL *et al*, 2006), une alternative plus réaliste existe (intégration du profil de vie, couverture des technologies récentes, ingénierie de la fiabilité...) mais encore faut-il réussir la migration. En effet, il n'est pas facile de changer nos pratiques avec cette norme et les outils associés, habitudes qui datent parfois de plus de 20, 30 et même 40 ans (la première version MIL HDBK date des années 1960). En s'appuyant sur des recommandations contenues dans cet article, il est possible de réaliser une transition de la MIL HDBK 217F vers FIDES de manière simple et peu coûteuse.

## Contexte

La MIL HDBK 217 ne convient plus aux attentes actuelles car elle est techniquement dépassée (inadéquation avec les technologies des composants électroniques d'aujourd'hui, prévisions de fiabilité très pessimistes, pertinence des résultats recalés...). Une première confrontation des résultats de fiabilité prévisionnelle avec les retours terrains montre rapidement que la MIL HDBK 217 ne permet plus d'avoir confiance dans la prévision. Le tableau ci-après montre que pour un échantillon d'équipements militaires différents avec des profils de vie divers couvrant les trois armées, la MIL HDBK 217F ne donne pas des évaluations suffisamment pertinentes au regard du retour d'expérience.

Equipementier	Equipement	MTBF REX/MIL	MTBF REX/FIDES
A	1	51,8	3,3
	2	10,1	1,1
	3	6,7	0,9
	4	2,8	1,0
B	5	4,8	1,2
C	6	12,4	2,2
D	7	3,1	0,7
	8	3,2	0,8
E	9	2,5	1,3
	10	1,4	0,6

**Table 1.** Comparatif MTBF REX versus MTBF prévisionnels (MIL HDBK et FIDES)

L'analyse du tableau 1 permet de constater que la majorité des résultats de fiabilité prévisionnelle obtenus avec FIDES est cohérente et proche des résultats de fiabilité opérationnelle. Pour FIDES, certains ratios sont inférieurs à 1, ce qui signifie que la prévision de taux de défaillance était meilleure que la réalité. Ceci peut s'expliquer par la réalisation de déposes multiples (entre 1,5 et 2 composants déposés par panne) lors des réparations (ces déposes n'étant pas prises en compte dans les calculs prévisionnels).

Afin de confirmer la tendance observée et étendre le domaine d'étude et de retour d'expérience, il serait nécessaire de réaliser le même type de comparatif sur des équipements civils. Toutefois, les retours de membres du GTR FIDES ont montré également une bonne adéquation des prévisions vis-à-vis de leurs retours terrains. Quel que soit le domaine concerné et le type de système étudié et compte tenu des incertitudes inhérentes à ces prévisions théoriques, il est fortement conseillé pour les expérimentateurs d'y intégrer, lorsqu'elles sont disponibles, les données de retour d'expérience.

La migration vers FIDES permet également une évolution de l'approche pour intégrer, en plus de prévisions réalistes, une ingénierie de la fiabilité dans les études de Sûreté de Fonctionnement. Si cette évolution est indispensable, il ne faut pas oublier qu'une période de transition et d'adaptation est à anticiper. Il convient également de ne pas omettre le fait que cela ne constituera pas une perte mais bien un investissement avec un potentiel important de ROI : on ne subit plus, on anticipe dans le but d'améliorer la fiabilité de nos systèmes développés.

## Méthode

L'objectif de cet article est de mettre à disposition des fiabilistes un ensemble de recommandations permettant d'appréhender de manière plus aisée la transition de la MIL HDBK 217 vers FIDES.

1. Première recommandation : prise de connaissance du guide FIDES

### **Objectif : familiarisation avec le guide FIDES 2009**

La méthodologie FIDES, par sa conception basée sur l'ingénierie de la fiabilité, offre une prévision plus réaliste que la MIL HDBK 217. Ceci se traduit par l'intégration de paramètres supplémentaires liés entre autres, au process, à la politique qualité composant, au durcissement ou encore à l'application de la réglementation RoHS. La lecture attentive du guide FIDES 2009 (UTE C 80811), téléchargeable en français ou en anglais sur le site internet [www.fides-reliability.org](http://www.fides-reliability.org), apportera nombre d'explications sur la méthodologie et son application, mais également sur la mise en place d'une ingénierie de la fiabilité. Cela peut paraître une évidence mais les contraintes professionnelles nous poussent à plus « d'efficacité » et passent parfois par l'utilisation de nouvelles méthodes sans en avoir approfondi le contenu. En outre, l'existence d'outils informatiques ayant déjà intégré tous les modèles du guide risque de tenter certains fiabilistes de réaliser ces études sans avoir lu ni compris *la philosophie* de la méthodologie d'évaluation et d'ingénierie fiabilité. Il est évident que le lecteur du guide viendra à se poser des questions. Il est donc conseillé de prendre connaissance de la méthodologie en parcourant le site internet FIDES qui offre tout un panel de supports dont un forum de discussion. Il ne faut donc pas hésiter à poser directement ses questions sur le forum de support et ainsi obtenir une réponse argumentée et précise de la part des modérateurs qui, pour la plupart, sont les experts à l'origine de la méthode FIDES.

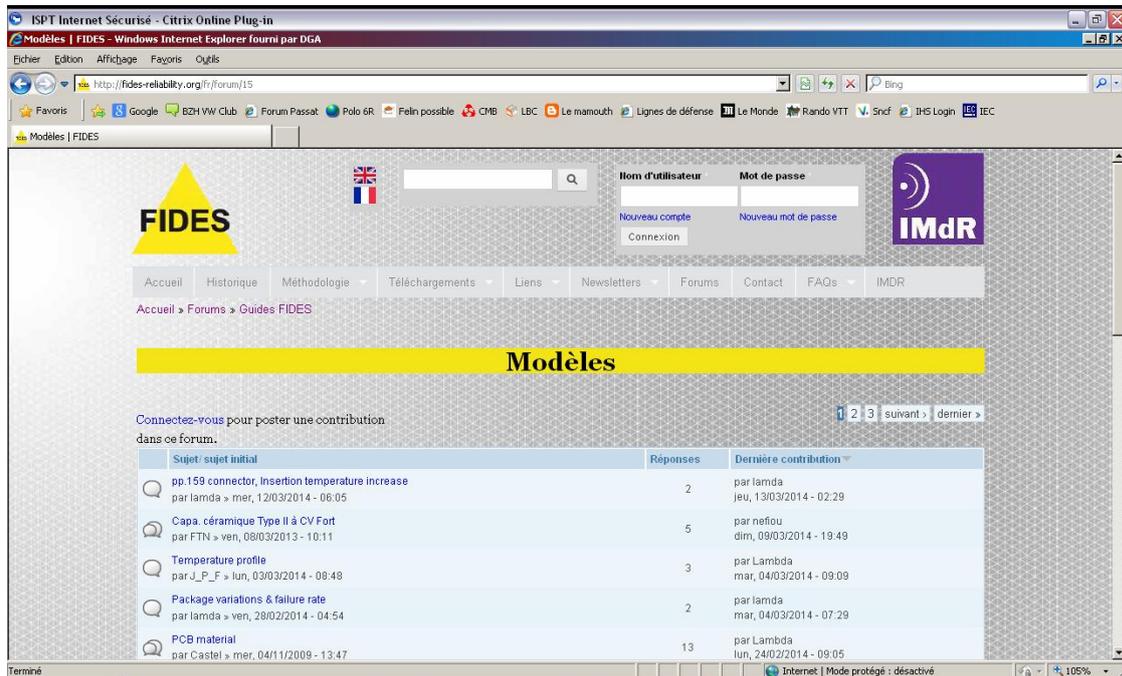


Figure 1. Forum technique du site internet FIDES

Pour approfondir sa connaissance de FIDES (BAYLE *et al.*, 2010), il existe également, au sein de l'ImdR, un groupe de travail et de réflexion consacré à la méthodologie (GTR FIDES). Ce GTR constitue la structure de maintien de FIDES. Il est un lieu d'échanges sur sa mise en œuvre et son futur mais aussi un moyen de proposer des évolutions via la création de projets IMdR (création de nouveaux modèles par exemple). Le GTR est organisé en sous-groupes :

- SG1 : évolution de FIDES, proposition de projets IMdR
- SG2 : promotion de FIDES à l'international
- SG3-4 : guide d'accompagnement de la méthodologie

Parmi les projets ayant abouti, on peut notamment citer la création d'un outil d'expérimentation gratuit de la méthodologie FIDES et la mise à jour du site internet.

Il est primordial de ne pas négliger ce premier contact avec la méthodologie et de ne pas occulter les interrogations qui peuvent émerger lors de la lecture du guide FIDES. Cette phase constitue la base de la compréhension de FIDES et doit être impérativement réalisée avant toute expérimentation.

## 2. Seconde recommandation : prise en main de l'outil d'expérimentation

### **Objectif : première expérimentation**

Afin de poursuivre sa familiarisation avec la méthodologie FIDES, il est essentiel de procéder à des calculs tests. Cependant, sans un outil de mise en œuvre accessible (aspect ergonomique notamment) et validé, les évaluations FIDES peuvent devenir complexes (DAVENEL *et al.*, 2012). D'aucuns seraient tentés de créer leur propre outil de calcul dans un tableur par exemple. Si la démarche est tout à fait honorable et compréhensible, il n'en reste pas moins que toute une phase de validation de l'outil de calcul est à effectuer afin d'en vérifier le comportement et sa cohérence avec la méthodologie. Cette démarche se révèle souvent très consommatrice de temps et de ressources humaines, avec aucune assurance du bon fonctionnement de l'outil compte tenu du nombre de paramètres et donc du nombre de possibilités de calculs et donc de sources d'erreurs. Le fait d'utiliser un outil déployé chez de nombreux utilisateurs permet de profiter d'un retour d'expérience qui, au cours du temps, va permettre de faire remonter plus rapidement les problèmes voire les bugs rencontrés.

Fort de ce constat, il devenait nécessaire de pouvoir proposer aux utilisateurs actuels et futurs un outil de calcul accessible, dont le fonctionnement serait le plus simple possible, tout en garantissant la validité des résultats affichés. Aujourd'hui, la structure de maintien est en mesure de proposer un outil d'expérimentation gratuit (téléchargeable depuis le site internet FIDES) intégrant la totalité des modèles du guide FIDES et permettant une évaluation « fiable » de taux de défaillance prévisionnels. Cet outil (Expertool), a l'avantage d'avoir subi toutes les phases de validation d'un outil logiciel commercial, ce qui permet d'avoir confiance dans les résultats et de concentrer l'attention de l'utilisateur sur le paramétrage des hypothèses d'entrées de FIDES. Expertool permet également aux utilisateurs de mettre en œuvre FIDES sans avoir à saisir une liste de composants.

En effet, l'outil dispose d'un fichier de démonstration disponible sur le site internet FIDES. Pré-rempli avec une liste de composants représentative de l'étendue des modèles, ce fichier permet de se familiariser avec les différents paramètres FIDES (profil de vie, paramètres  $\Pi$ \_Process,  $\Pi$ \_Part-manufacturing,  $\Pi$ \_Application...) et d'appréhender les possibilités offertes en termes d'expérimentation, notamment en termes d'études de sensibilité (influence du profil de vie, des variations des différents paramètres P...). Concernant la mise en œuvre de l'outil, se reporter au guide d'utilisation fourni. Dans la suite de cet article, l'outil utilisé sera Expertool. Ce même outil fait également l'objet d'une présentation interactive au cours du congrès Lambda Mu 19.

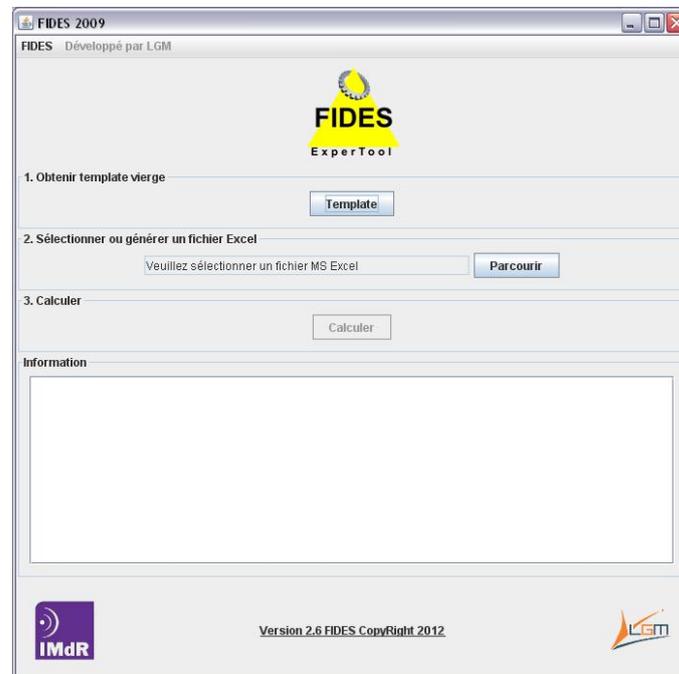


Figure 2. Interface graphique de l'outil d'expérimentation Expertool

Là encore, il est important pour la mise en œuvre de FIDES de se diriger vers un outil d'expérimentation dans lequel l'utilisateur peut avoir confiance. On limite ainsi les risques liés à de mauvaises mises en œuvre automatisées de la méthodologie et, par conséquent, le risque d' « abandon » de la transition vers FIDES.

### 3. Troisième recommandation : tests préliminaires de mise en œuvre de la méthode et de son outil

#### **Objectif : expérimentation sur un sous-ensemble choisi par le lecteur**

A la suite de la période de prise en main de la méthodologie vient la phase de mise en œuvre de FIDES pour une étude complète. Il est donc primordial de commencer cette première mise en situation par une phase de préparation.

Pour cette phase, le choix du sous-ensemble à tester est important. En effet, il doit avoir fait l'objet d'une évaluation précédente avec la MIL HDBK 217. Il est conseillé de choisir par exemple une carte électronique simple dans un premier temps, c'est-à-dire n'ayant pas une trop grande quantité de références de composants (au maximum une cinquantaine) car leur saisie manuelle dans l'outil Expertool peut s'avérer fastidieuse pour une première expérimentation. L'objectif est de récupérer un maximum de paramètres composants communs entre la MIL HDBK 217 et FIDES.

La réalisation de cette étape permet également d'identifier les paramètres complémentaires nécessaires à FIDES et de les rechercher dans les datasheet ou de les déterminer à l'aide du guide. Voici un exemple sur une diode :

**Paramètres composants**

*Diode Schottky en boîtier SOT23-3 (plastique CMS)*

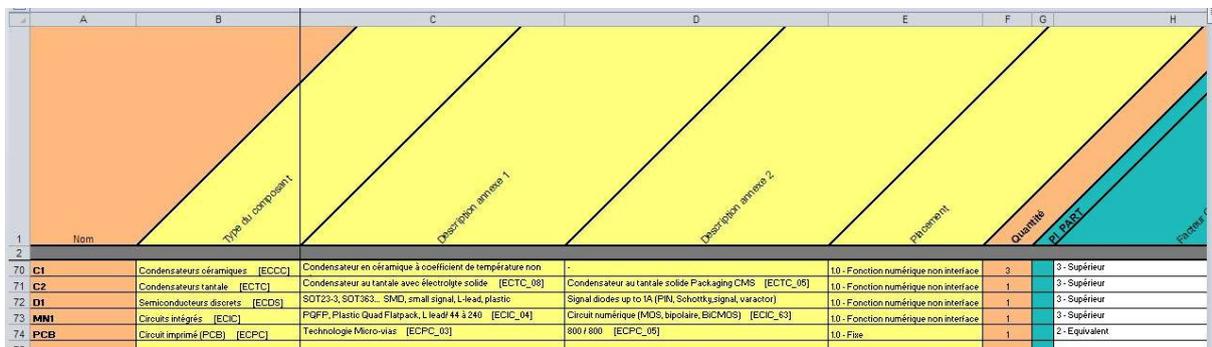
	Dénomination MIL HDBK 217F	Facteur de calcul associé
Type de diode	Schottky	$\lambda_b$
Tension appliquée (V)		$\Pi_S$
Tension nominale (V)		
Tj composant (°C)		$\Pi_T$
Type de bonding		$\Pi_C$
Qualité composant		$\Pi_Q$

	Dénomination FIDES	Facteur de calcul associé
Type de diode	Diode de signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor)	$\lambda_b$
Boîtier	SOT23-3	$\lambda_{0\_RH}$ $\lambda_{Tcy\_Boitier}$ $\lambda_{Tcy\_Joints\ brasés}$ $\lambda_{0\_Mécanique}$
Tension appliquée (V)		$\Pi_{EL}$
Tension nominale (V)		$\Pi_{EL}$ et $\Pi_{Thermique}$
Tj composant (°C)		$\Pi_{Thermique}$
Qualité composant	Assurance Qualité composant	$\Pi_{Part-manufacturing}$
	Assurance Fiabilité composant	$\Pi_{Part-manufacturing}$

Paramètre commun MIL HDBK 217 / FIDES  
 Paramètre spécifique à la MIL HDBK 217  
 Paramètre spécifique à FIDES

**Table 2.** Paramètres composants pour une diode

Une fois les paramètres nécessaires à FIDES identifiés et récoltés, la saisie peut avoir lieu dans le fichier d'entrée d'Expertool.



**Figure 3.** Vue de la saisie des paramètres composants – Fichier d'entrée Expertool

Cette phase est indispensable pour acquérir des bases pratiques de mise en œuvre de la méthodologie, mais également pour « se faire la main » avec l'outil de calcul avant d'aborder la réalisation d'une étude complète avec FIDES. Elle permet également de réaliser la saisie des paramètres composants dans l'outil d'expérimentation.

4. Quatrième recommandation : construction d'un profil de vie FIDES

**Objectif : création d'un profil de vie FIDES ou transposition de profils de mission MIL HDBK 217**

Il est, dans un premier temps, tout à fait envisageable d'utiliser les profils de vie de référence contenus dans le guide FIDES (16 exemples). Néanmoins, pour mettre en place une véritable étude, il convient de construire un profil de vie FIDES basé sur le concept d'emploi du système étudié. Le profil de vie étant l'élément le plus central d'une évaluation FIDES, il doit retranscrire au plus juste les conditions de vie de l'équipement électronique étudié afin d'obtenir la prévision la plus réaliste possible. La construction d'un profil de vie FIDES n'étant pas triviale, il est fortement conseillé de s'appuyer sur les règles de construction contenues dans le guide FIDES (chapitre II.2 du guide FIDES 2009).

Il faudra porter une attention particulière à la transcription des environnements MIL HDBK 217 vers le profil de vie FIDES. En effet, le niveau de granularité demandé par FIDES est généralement plus important pour la plupart des contraintes climatiques et mécaniques (élevations de température, durée des cycles, nombre de cycles, humidité relative, vibrations aléatoires...). Ces données étant « enfouies » ou « sous-entendues » dans les environnements de base de la MIL HDBK 217, un travail d'analyse

est donc à réaliser avant la retranscription. Afin d'illustrer cette étape, voici un exemple de retranscription d'environnements MIL HDBK 217 vers un profil de vie FIDES.

Exemple : système de communication embarqué sur véhicule

Les spécifications d'utilisation de cet équipement évalué en MIL HDBK 217 sont les suivantes (pour une année calendaire, soit 8760h) :

- a) Fonctionnement à 50°C en véhicule roulant, 2h par jour et 5 jours par semaine
- b) Fonctionnement à 50°C en véhicule non roulant, 1h par jour, 5 jours par semaine
- c) Non-fonctionnement à 20°C en véhicule roulant, 6h par jour, 5 jours par semaine
- d) Non-fonctionnement à 14°C en véhicule non roulant, le reste du temps. Véhicule stocké en extérieur.
- e) Le système n'est pas utilisé le week-end. Véhicule stocké en garage non climatisé.

De ces spécifications ont été déduits les environnements MIL HDBK 217 suivants :

- Phase 1 : GM 50°C en fonctionnement durant la semaine, 520h
- Phase 2 : GF 50°C en fonctionnement durant la semaine, 260h
- Phase 3 : GM 20°C en non fonctionnement durant la semaine, 1560h
- Phase 4 : GF 14°C en non fonctionnement le reste du temps, 6420h

La retranscription brute de ces quatre phases dans un profil de vie FIDES pourrait donner le résultat suivant :

Nom Phase	Temps calendaire	ON / OFF	T° ambiante (°C)	Taux d'humidité (%)	ΔT (°C)	Nbre cycles par an	Durée cycle (h)	T° max au cours du cyclage	Vibrations aléatoires (Grms)	Pollution Saline	Pollution Industrielle	Pollution d'application	Niveau de protection
Fonctionnement - véhicule roulant - semaine	520	ON	50,0			260	2						
Fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	260	ON	50,0			260	1						
Non fonctionnement - véhicule roulant - semaine	1560	OFF	20,0			260	6						
Non fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	6420	OFF	14,0			1	6420						

**Table 3.** Profil de vie FIDES – Retranscription brute des environnements MIL HDBK 217

Dans notre cas, il apparaît que les données fournies par les environnements MIL HDBK 217 ne sont pas suffisantes pour la création du profil de vie, d'autant plus qu'une des spécifications d'utilisation de l'équipement n'a pas été prise en compte lors de la création des environnements MIL HDBK 217.

En effet, il est dit, en complément du non-fonctionnement en véhicule non roulant, que le système n'est pas utilisé le week-end. Dans le référentiel MIL HDBK 217, il n'existe pas de paramètre supplémentaire permettant de faire une différenciation entre les spécifications d) et e).

A contrario, dans FIDES, la nécessité de renseigner une variation de température (le ΔT) et sa durée associée (le θ\_cycle) implique la création d'une cinquième phase dans le profil de vie. Il faut en effet différencier le non-fonctionnement en semaine (le ΔT est associé à une durée de cycle de 24-2-1-6=15h et il correspond à un stockage en extérieur) du non-fonctionnement le week-end (le ΔT est associé à une durée de cycle de 24h et il correspond à un stockage en garage non climatisé). Dans notre cas, la variation de température sera plus forte pour le non-fonctionnement en semaine (ΔT=10°C, correspondant aux variations de température entre le jour et la nuit en extérieur) que pour le non-fonctionnement en week-end (ΔT =5°C, correspondant aux variations de température entre le jour et la nuit dans le garage).

On obtient alors le profil de vie suivant, après avoir complété les valeurs de ΔT et de T\_max-cyclage selon la logique de construction du guide FIDES.

Nom Phase	Temps calendaire	ON / OFF	T° ambiante (°C)	Taux d'humidité (%)	ΔT (°C)	Nbre cycles par an	Durée cycle (h)	T° max au cours du cyclage	Vibrations aléatoires (Grms)	Pollution Saline	Pollution Industrielle	Pollution d'application	Niveau de protection
Fonctionnement - véhicule roulant - semaine	520	ON	50,0		30	260	2	50					
Fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	260	ON	50,0		30	260	1	50					
Non fonctionnement - véhicule roulant - semaine	1560	OFF	20,0		0	260	6	20					
Non fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	3900	OFF	14,0		10	260	15	19					
Non fonctionnement - véhicule non roulant - Week end	2520	OFF	14,0		5	105	24	16,5					

**Table 4.** Profil de vie FIDES – Prise en compte des spécifications d'emploi et intégration des cyclages thermiques

Les autres paramètres doivent alors être renseignés en fonction de l'environnement du système (vibrations aléatoires, niveau d'humidité relative, contrainte chimique...) mais également de son utilisation dans chaque phase de vie (Π\_Application). On aboutit alors au profil de vie entièrement complété :

Nom Phase	Temps calendaire	ON / OFF	T° ambiante (°C)	Taux d'humidité (%)	ΔT (°C)	Nbre cycles par an	Durée cycle (h)	T° max au cours du cyclage	Vibrations aléatoires (Grms)	Pollution Saine	Pollution Industrielle	Pollution d'application	Niveau de protection
Fonctionnement - véhicule roulant - semaine	520	ON	50,0	10	30	260	2	50	1	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique
Fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	260	ON	50,0	10	30	260	1	50	0	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique
Non fonctionnement - véhicule roulant - semaine	1560	OFF	20,0	48	0	260	6	20	1	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique
Non fonctionnement - véhicule non roulant - semaine	3900	OFF	14,0	70	10	260	15	19	0	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique
Non fonctionnement - véhicule non roulant - Week end	2520	OFF	14,0	70	5	105	24	16,5	0	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique

**Table 5.** Profil de vie FIDES final

L'analyse de profil d'emploi du système, encouragée par la méthode FIDES, pourrait très bien amener à créer de nouvelles phases dans le cadre d'utilisation FIDES. En effet avec la MIL HDBK 217, lorsque pour la situation a) on parle de sol mobile on ne différencie pas le type de revêtement et donc le niveau de contrainte mécanique associé. La situation a) aurait donc pu se voir redécoupée en 2 autres phases :

Phase	Environnement MIL HDBK 217	Niveau de Grms pour FIDES
Fonctionnement à 50°C en véhicule <b>roulant sur route</b> . 1,5h par jour et 5 jours par semaine	GM (Ground Mobile)	Grms = 1
Fonctionnement à 50°C en véhicule <b>roulant sur chemin</b> . 0,5h par jour et 5 jours par semaine	GM (Ground Mobile)	Grms = 2,5

**Table 6.** Différenciation de phases selon l'environnement mécanique

5. Cinquième recommandation : calcul FIDES et exploitation des résultats

**Objectif : premier calcul FIDES d'expérimentation et exploitation des résultats**

*N.B. : cette dernière recommandation n'a pas pour vocation d'être un guide exhaustif d'utilisation de l'outil d'expérimentation Expertool. Seront détaillés uniquement les points importants à prendre en compte lors de la saisie des paramètres dans l'outil (pour obtenir le manuel d'utilisation, se reporter au site internet FIDES).*

Il est ici question de réaliser un premier calcul FIDES dans cette expérimentation. Certains paramètres nécessitant des audits à réaliser en interne entreprise, il est conseillé (uniquement dans le cadre de cette expérimentation) de se reporter aux valeurs par défaut proposées par le guide FIDES pour les paramètres suivants : Π\_Process, Π\_Part-manufacturing, Π\_Durcissement, Π\_LF. Cependant, il ne faut pas oublier que l'impact de ces facteurs est très fort sur le taux de défaillance et qu'ils constituent une des plus importantes plus-values apportées par FIDES pour identifier les marges d'amélioration de la fiabilité des produits développés. Il conviendra, dans le cadre d'une étude sur un cas concret (nouveau développement de produit par exemple), de réaliser les audits nécessaires afin d'utiliser des valeurs les plus réalistes possibles.

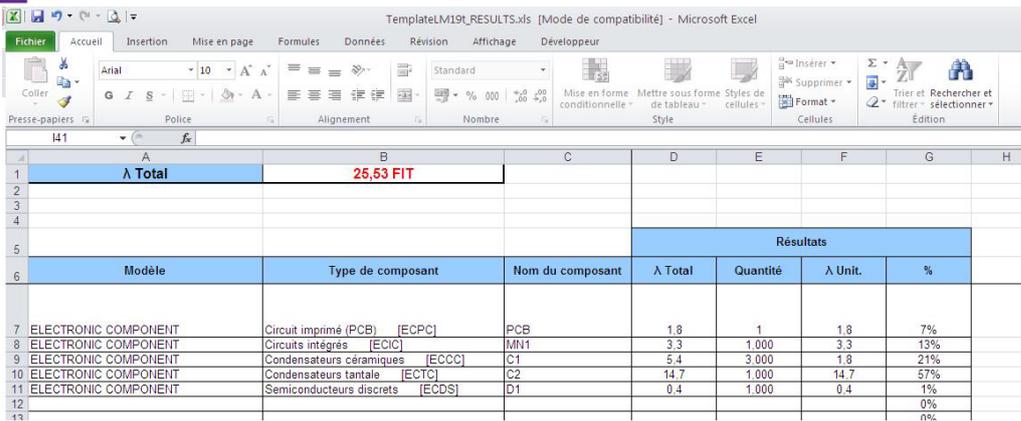
Maintenant que tous les paramètres nécessaires à une évaluation FIDES sont disponibles, il faut les intégrer dans l'outil de calcul. L'ergonomie d'Expertool permet aux utilisateurs de visualiser de manière séparée les paramètres liés au profil de vie, aux différents facteurs II et à la saisie des références de composants.

Tous ces paramètres sont à rentrer dans le fichier Excel d'entrée, obtenu en cliquant sur le bouton « Template » :



**Figure 4.** Obtention d'un fichier d'entrée vierge sous Expertool

Le lancement du calcul s'effectue alors en cliquant sur le bouton « Calculer ». Les résultats seront intégrés dans un fichier de sortie différent du fichier d'entrée. Ce fichier de sortie regroupe toutes les hypothèses d'entrée (profil de vie, saisie des composants...) ainsi que les résultats, regroupés dans les cinq derniers onglets et présentés de plusieurs manières (par phase, par type de stress...).



Résultats						
Modèle	Type de composant	Nom du composant	$\lambda$ Total	Quantité	$\lambda$ Unit.	%
ELECTRONIC COMPONENT	Circuit imprimé (PCB) [ECPC]	PCB	1.8	1	1.8	7%
ELECTRONIC COMPONENT	Circuits intégrés [ECIC]	MN1	3.3	1 000	3.3	13%
ELECTRONIC COMPONENT	Condensateurs céramiques [ECCC]	C1	5.4	3 000	1.8	21%
ELECTRONIC COMPONENT	Condensateurs tantale [ECTC]	C2	14.7	1 000	14.7	57%
ELECTRONIC COMPONENT	Semiconducteurs discrets [ECDS]	D1	0.4	1 000	0.4	1%
						0%
						n%

Figure 5. Fichier de sortie Expertool – Résultats de fiabilité

Il est tout à fait possible de réutiliser ce fichier de sortie comme fichier d'entrée, notamment dans l'optique de faire varier certains paramètres et de pouvoir étudier leur influence. Il est toutefois très fortement recommandé d'adopter une démarche de traçabilité rigoureuse des différentes versions de travail.

L'exploitation des résultats et notamment leur comparaison aux valeurs prévisionnelles issues de la MIL HDBK 217 ou aux valeurs opérationnelles de RETEX peut alors débiter.

6. Sixième recommandation : mise en œuvre de FIDES sur un cas réel

**Objectif : appliquer la méthodologie complète à un développement de produit**

Si les cinq recommandations précédentes sont liées à une phase d'expérimentation, cette dernière recommandation permet d'aborder l'application de FIDES sur un cas réel de développement d'un nouveau produit.

Pour la première étude et si cela ne génère pas de surcoût rédhibitoire, il est conseillé de mener une double évaluation MIL HDBK 217 et FIDES afin de rassurer les fiabilistes en leur permettant de garder certains repères. Dans un souci d'intégration aux études de sûreté de fonctionnement, il peut être plus aisé d'utiliser un outil logiciel de calcul disponible dans le commerce. En effet, ces derniers disposent pour la plupart de modules de calcul FIDES et permettent également des liens vers les études d'AMDEC, de maintenabilité, de dimensionnement du SLI (Soutien Logistique Intégré). Il faut également noter qu'en fonction de la complexité de l'équipement étudié, faire appel à un logiciel commercial permettra de faciliter, par exemple, la saisie des composants électroniques (chargement automatique de nomenclatures...).

La bonne réalisation de l'étude FIDES est en grande partie basée sur une bonne déclinaison des spécifications d'emploi du système afin d'en déduire un ou plusieurs profil de vie réalistes. Il ne faut donc pas hésiter à engager des discussions avec les concepteurs afin d'identifier les phases de vie les plus représentatives de l'emploi du système.

Une fois la première étude de fiabilité réalisée, il est fortement conseillé d'analyser les résultats et de mener des études de sensibilité via des variations de profil de vie ou des facteurs II pour visualiser l'influence des différents paramètres sur les taux de défaillance. Par exemple, l'influence du profil de vie sur le taux de défaillance final peut être forte, comme cela a été démontré lors d'une présentation interactive du congrès Lambda Mu 17 (TOURTELIER *et al*, 2010). Il n'est alors pas rare de voir qu'une mauvaise définition du profil de vie aboutisse à une surestimation des taux de défaillances

Cette ingénierie de la fiabilité peut également permettre d'identifier les éventuelles marges d'amélioration de la fiabilité qui peuvent se traduire par des choix de conception au niveau composant mais également des choix d'architecture ou des évolutions de process de fabrication (via l'analyse des réponses à l'audit II\_Process par exemple). Ce rebouclage entre les études de fiabilité et la conception du système constitue un cercle vertueux de création de systèmes électroniques les plus fiables possibles et de maîtrise de cette fiabilité dans le temps.

7. Estimation des charges et ressources nécessaires à la migration

Ce dernier paragraphe permet d'estimer, pour chaque étape présentée dans cette publication, la charge de travail (pour une personne) ainsi que les ressources nécessaires. Il convient de noter que ces estimations sont données à titre indicatif.

		<b>Charge (pour 1 personne)</b>	<b>Ressources identifiées</b>
<b>Etape 1</b>	Prise de connaissance du guide FIDES	20h	Accès à Internet Accès à Internet
<b>Etape 2</b>	Prise en main de l'outil d'expérimentation	8h	Outil Expertool Ordinateur
<b>Etape 3</b>	Tests préliminaires de mise en œuvre	40h	Guide FIDES Outil Expertool Ordinateur
<b>Etape 4</b>	Construction d'un profil de vie FIDES	20h	Ordinateur Guide FIDES Outil Expertool
<b>Etape 5</b>	Calcul FIDES et exploitation des résultats	8h	Ordinateur Guide FIDES
<b>Etape 6</b>	Mise en œuvre de FIDES sur un cas réel	Dépend du projet choisi, comparable à une étude de fiabilité classique	Outil Expertool ou logiciel commercial intégrant un module FIDES (env. 10k€) Ordinateur Guide FIDES

**Table 7.** Estimation des charges et ressources nécessaires à la migration

**Conclusion**

La transposition des évaluations MIL HDBK 217F vers FIDES est aujourd'hui réalisable de manière progressive et guidée, tant sur la mise en œuvre de l'outil d'expérimentation que sur le transfert des paramètres composants et la création ou la retranscription d'environnements vers un profil de vie FIDES. A ce stade, il est primordial pour le fiabiliste de pouvoir comparer sur plusieurs cartes ou équipements différents des évaluations effectuées avec la MIL HDBK 217F et FIDES.

Outre la comparaison des valeurs de fiabilité obtenues, il est également indispensable de mener des études de sensibilité (variations des paramètres, du profil de vie) pour en apprécier les effets sur le taux de défaillance prévisionnel et ainsi mieux appréhender les possibilités offertes par ce nouvel outil FIDES. L'ingénierie de la fiabilité prend alors tout son sens et devient une aide pour les choix de conception ou d'architecture.

Changer de méthodologie et d'outil de fiabilité après 20, 30, 40 ou parfois 50 ans de pratique dans une entreprise n'est pas chose aisée. Aussi, il est possible de mener dans un premier temps une double étude MIL HDBK 217 / FIDES pour conserver ses repères tout en avançant vers l'avenir.

## **7 Remerciements**

Les auteurs remercient particulièrement les membres de leur équipe au sein de DGA Maîtrise de l'Information pour leur contribution à cette publication.

## **8 Références**

BAYLE et al., 2010, « FIDES : principes théoriques et justification des paramètres », LAMDA MU 17  
DAVENEL et al., 2006, « Retour d'expérience sur l'application de FIDES à la DGA », LAMBDA MU 15  
DAVENEL et al., 2012, « Etudes de fiabilité des systèmes complexes : maîtrise de la sous-traitance », LAMBDA MU 18  
TOURTELIER et al., 2010, « Influence du profil de vie sur l'évaluation de la fiabilité des systèmes électroniques », LAMBDA MU 17