

# Evaluation de la fiabilité des COTS

## COTS reliability evaluation

LE YONDRE Sébastien

DGA MAITRISE DE L'INFORMATION  
BP7 – 35998 RENNES CEDEX 9, France  
sebastien.le-yondre@intradef.gouv.fr

MOLIMARD Axel

DGA MAITRISE DE L'INFORMATION  
BP7 – 35998 RENNES CEDEX 9, France  
axel.molimard@intradef.gouv.fr

TOURTELIER Denis

DGA MAITRISE DE L'INFORMATION  
BP7 – 35998 RENNES CEDEX 9, France  
denis.tourtelier@intradef.gouv.fr

### I. RÉSUMÉS

#### *Résumé*

Le domaine de la Défense met en œuvre de nombreux matériels COTS (Components Off The Shelf) pour réduire les coûts et délais de développement. Cependant la fiabilité prévisionnelle de ces équipements n'est que très rarement communiquée par le fabricant, et dans les rares cas où il y a une donnée il est impossible d'en apprécier la pertinence. Ceci constitue un problème important dans le cas de systèmes constitués en majorité de COTS et dont la fiabilité globale va principalement dépendre.

Afin d'améliorer cette situation, il a été décidé de mener deux expérimentations pour évaluer l'aspect coût versus apport de la réalisation d'une étude de fiabilité prévisionnelle avec le guide FIDES 2009A [1] sur des équipements dont la définition n'est pas connue.

Pour ce faire, nous avons sélectionné deux types d'équipements très couramment utilisés dans nos systèmes d'armement (un PC durci et une lame serveur) afin de calculer leur fiabilité prévisionnelle à l'aide des méthodologies Composants et Cartes COTS du guide FIDES 2009A [1].

**Mots-clefs** — COTS, Ordinateur durci, serveur informatique, fiabilité prévisionnelle

#### *Abstract*

The defense industry uses a lot of COTS equipment to reduce development costs and lead times. However, the predictive reliability of this equipment is very rarely communicated by the manufacturer and in the rare cases where it is available, it is impossible to assess its relevance. This is a major problem in the case of systems made up mainly of COTS, on which overall reliability will depend.

In order to improve this situation, we decided to carry out two experiments to assess the cost versus benefit aspect of realizing a predictive reliability study using the FIDES 2009A guide on equipment whose definition is unknown.

In order to do this, we selected two types of equipment very commonly used in our weapon systems (a rugged PC and a server blade) in order to calculate their predictive reliability using the Electronic Components and COTS Board methodologies of the FIDES 2009A guide.

**Keywords** — COTS, rugged PC, server blade, predictive reliability

### II. INTRODUCTION

#### *A. Pourquoi ces études ?*

Aujourd'hui, une majeure partie des matériels militaires déployés comportent des matériels informatiques achetés auprès des grands fabricants mondiaux. La fiabilité théorique de ces matériels étant mal ou insuffisamment maîtrisée, elle dépend donc en grande partie de l'intégration sur le système (durcissement externe, climatisation...). Malheureusement, ces approches ne sont pas systématiquement considérées pour des raisons de coût ou de contrainte sur la masse ou le volume. Les produits achetés sur étagère sont considérés comme facilement remplaçables alors que cela peut entraîner des problèmes liés à la gestion de configuration et aux problèmes d'adhérence logicielle. Au final la fiabilité du produit a son importance car bien qu'il soit possible de procéder à un remplacement rapidement il reste nécessaire d'avoir la pièce en stock à proximité du lieu de la panne (cas des opérations extérieures)

Afin de réduire les risques liés à l'emploi de ces systèmes (généralement non ou insuffisamment pris en compte dans les études de fiabilité), nous avons considéré nécessaire de disposer de données de fiabilité prévisionnelle pour deux types de systèmes couramment mis en œuvre par nos forces. En effet aucun fabricant ne propose ces données de fiabilité (MTBF) et un seul de

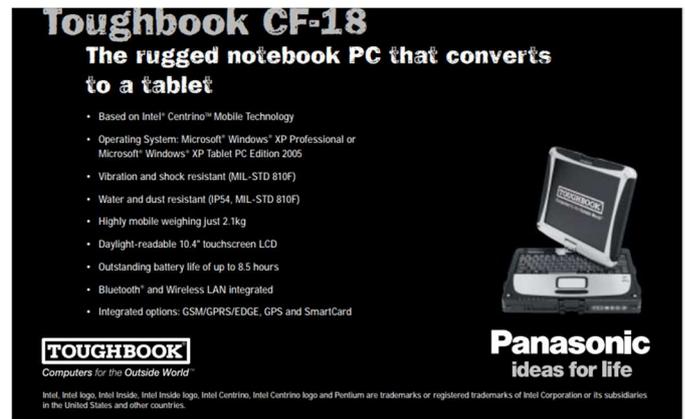
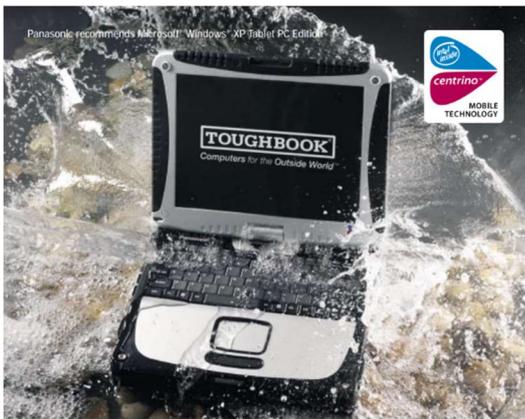
38 nos fournisseurs de Défense a mené et partagé son travail sur un ordinateur avec la méthodologie COTS (malgré nos retours  
39 sur le manque de pertinence des données employées dans de nombreux projets). Nous considérons que l'informatique est vu  
40 comme un consommable par les fabricants grand public, ces derniers n'ayant en tant qu'acheteur individuel que peu de poids  
41 pour obtenir ce type d'information.

## 42 B. Méthodologie

43 Notre équipe a profité de l'arrivée de deux nouveaux collaborateurs pour mener ces études. L'objectif est d'apprécier le travail  
44 à réaliser pour mener une étude « complète », mais également approfondir la connaissance des méthodologies de fiabilité  
45 prévisionnelle et rafraichir/améliorer la connaissance sur les composants électroniques et leurs technologies.  
46 La première étude a été menée sur un ordinateur durci CF-18 de chez Panasonic par un jeune ingénieur avec une expérience  
47 limitée dans le domaine de l'électronique. La seconde est en cours de réalisation, sur une lame serveur de type IBM x3650 par  
48 un technicien plus expérimenté, avec une formation initiale en électronique.

50 TABLE I. ILLUSTRATION DES MATÉRIELS ÉTUDIÉS

51



52 Dans les deux cas, les personnels n'avaient pas d'expérience dans le domaine de la fiabilité électronique.

## 54 C. Intérêt de ces études

55 Ces études avaient un double intérêt ; tout d'abord, de disposer de modélisation de deux équipements informatiques sur lesquels  
56 nous n'avions qu'une maîtrise limitée alors qu'ils sont très répandus dans nos systèmes. Ensuite ces études ont constitué de  
57 parfaits supports à la formation de nouveaux collaborateurs sur l'utilisation de FIDES.

## 58 III. DEROULEMENT DES ETUDES

59 Nous avons considéré le même cas d'une acquisition d'un matériel neuf et démontable dont on ne connaît pas les constituants.  
60 Pour des raisons de cout et disponibilité, des matériels destinés à la réforme (retrait de service) nous ont été fournis par nos  
61 équipes informatiques. La représentativité de ces échantillons est jugée suffisante au regard de l'évolution des technologies sur  
62 ces deux types de produits.

63 La première étape de l'étude a été de déterminer cette définition. Dans le cas de l'ordinateur durci, une nomenclature partielle  
64 a été trouvée dans le manuel d'atelier. Pour la lame serveur nous n'avons pas su trouver l'équivalent. En l'absence de  
65 nomenclature, la méthode retenue a été de relever les références pour les composants comportant un marquage ou de déterminer  
66 les familles et sous familles concernées (par exemple condensateur / condensateur tantale solide) Cette dernière méthode peut  
67 s'avérer parfois complexe, même si la personne chargée de l'étude est un électronicien.

68 Deux méthodes d'étude de fiabilité proposées par le guide FIDES ont été utilisées dans le cadre de nos travaux: la méthode  
69 « Composants électroniques » et la méthode « Cartes COTS ».

70 *A. Modélisation par la méthode Composants électroniques*

71 Dans cette partie, nous allons d'abord présenter la procédure mise en œuvre pour parvenir à la modélisation des équipements  
72 suivant la méthode par saisie de composants proposée dans le guide FIDES. Cette méthode bien que chronophage est censée  
73 apporter de meilleurs résultats. Nous présentons la démarche déroulée à la fois pour l'ordinateur durci et pour la lame serveur.

74 *1) Identification des composants électroniques*

75 Dans un premier temps d'étude, nous avons cherché à identifier toutes les informations accessibles en source ouverte. Si celle-  
76 ci s'est avérée infructueuse pour la lame serveur, nous avons eu plus de chance avec l'ordinateur durci puisque nous en avons  
77 récupéré une nomenclature, avec leur repère topographique sur la carte électronique. Voici un exemple ci-dessous :

78

79 TABLE II. EXTRAIT DE LA NOMENCLATURE PROPOSEE DANS LE SERVICE MANUAL DU CF-18

80

D 623	B0JCCE000008	DIODE	1
D 624	DEDRB081L20	DIODE	1
F 1	△ K5H502Z00003	FUSE, 5A	1
F 2	△ K5H202Z00005	FUSE, 2A	4
F 3			
F 4			
F 6			
IC 1	C2GBC0000263	IC, CPU	1
IC 2	C1DB00001476	IC, CHIP SET	1

81

82

83 Par la suite, après ouverture des équipements (démontage sommaire sans outillage spécifique), nous avons séparé les cartes  
84 électroniques des sous-ensembles divers pouvant être modélisés avec le modèle dédié de FIDES.

85 Le travail d'identification des composants sur les cartes électroniques qui a suivi a été facilité sur l'ordinateur PC durci grâce  
86 à la nomenclature. Cependant, il a tout de même été nécessaire de faire le lien entre les références et leur emplacement, certaines  
87 zones très denses de la carte nécessitaient un focus particulier (les marquages sont réduits dans ces zones à cause du manque  
88 de place compliquant l'identification). Une des difficultés de ce type d'exercice dépend de l'ancienneté du matériel et  
89 notamment sur la lame serveur où l'obsolescence de nombreux circuits intégrés de servitude est liée à l'évolution constante des  
90 performances.

91 *2) Sélectionner la bonne technologie et la bonne fonction*

92 La caractérisation des composants électroniques s'étant faite par reconnaissance visuelle, par avis d'expert, des incertitudes  
93 existent sur certains composants. Les connaissances et l'expérience du chargé de l'étude ont un impact non négligeable sur ces  
94 travaux c'est pourquoi le support d'experts senior est une nécessité.

95 Cette étape, qui constitue le cœur du travail, consiste à observer les caractéristiques du boîtier du composant et son type de  
96 report sur la carte électronique. Lorsque cela est possible, il faut ensuite relever le marquage sur le boîtier du composant, et de  
97 l'exploiter pour identifier la référence et ainsi pouvoir rechercher par la suite sa fiche technique (datasheet).

98

TABLE III. FOCUS SUR LE SOUTHBRIDGE DE LA CARTE MERE



101  
102  
103  
104  
105

Ce travail est actuellement en cours de finalisation sur la lame serveur, le nombre conséquent de composants de petite taille entraînant un temps d'analyse proportionnellement plus important.

106

### 3) Allouer un taux de charge

107  
108  
109  
110  
111

La détermination des taux de charge ou des marges (derating) appliquées aux différents composants pourrait être déterminée par étude, mais cette solution n'a pas été retenue pour limiter les temps de réalisation des travaux.

Pour remplacer cette donnée, nous avons exploité deux sources de données : nous avons utilisé des taux génériques issus de divers industriels ; ou de valeurs issues de designs équivalents qui ont été communiqués par nos fournisseurs (cela reste cependant une exception).

112  
113  
114  
115  
116  
117  
118

Cette étape, constitue la principale incertitude de l'étude car il n'est possible d'apprécier l'écart entre l'hypothèse prise et la réalité. Il s'agit d'un biais supplémentaire sur le résultat, qu'il faudra prendre en compte lors de l'emploi des résultats de ces travaux. Un travail complémentaire sera à mener pour identifier le réel impact sur les résultats (compte tenu des taux de défaillance importants de l'écran du clavier et de la batterie notable l'impact sur les résultats sera limité)

Une autre méthode d'estimation du taux de charge, plus conservatrice, consiste à prendre une hypothèse volontairement majorante sur les conditions d'utilisations du matériel. Les résultats ainsi obtenus seront certes plus importants qu'avec des stress adaptés, mais ils pourront être considérés comme des résultats « pire cas ».

119

### 4) Compléter avec le profil de vie et les paramètres restants

120  
121  
122  
123  
124  
125

Enfin, la dernière étape consiste à compléter le profil de vie lié à l'emploi du matériel. Pour l'ordinateur durci, nous avons considéré l'usage d'un poste radio militaire dans un environnement parfois agressif et chaud. Pour la lame serveur, nous avons considéré un usage 24h/24 avec des pics de charge dans la journée, dans un environnement contrôlé en température et hygrométrie.

Les valeurs des facteurs processus ( $P_i$  process), d'application ( $P_i$  application), de maîtrise de la fabrication des composants ( $P_i$  Part Manufacturing), etc. ont été pris par défaut comme suggéré dans le guide FIDES.

126

### B. Modélisation par la méthode Cartes COTS

127  
128  
129  
130  
131  
132

Cette deuxième partie est dédiée à la mise en place de la méthode appelée « Carte COTS ». Elle est une alternative à la méthode par saisie de composant présentée dans le paragraphe précédent. A la date d'écriture de cet article, nous ne l'avons appliqué que sur l'ordinateur durci. La lame serveur étant une carte processeur, elle est assez proche au niveau fonctionnel des matériels qui ont été utilisés pour créer ce modèle. A ce stade nous n'anticipons pas de problème particulier, dans le cas où des difficultés apparaissent elles seront présentées dans la présentation.

133

134 1) Identification des sous-ensembles divers

135 Dans un premier temps, et de manière identique à la première méthode, il faut tout d’abord identifier les éléments qui peuvent  
136 être catégorisés comme étant des sous-ensembles répertoriés dans le guide FIDES (car ceux-ci font l’objet d’une modélisation  
137 distincte), à savoir la batterie au lithium, le disque dur, le clavier et l’écran LCD.  
138

139 TABLE IV. MODELISATION DES SOUS-ENSEMBLES DU PC DURCI (METHODE CARTE COTS)

Batterie	Batteries lithium et nickel [VSLI]	Lithium: LI-Ion Polymer [VSLI_03]	-
Disque dur HDD	Disques durs [VSHD]	Usage normal, Qualification aux chocs/vibrations [VSHD_02]	Disque dur famille IDE (IDE, EIDE, E-IDE, ATA, ...)
Ecran	Ecrans LCD [VSLC]	Ecrans LCD : TFT [VSLC_01]	Classe I [VSLC_03]
Clavier	Claviers [VSKB]	Claviers [VSKB_01]	Clavier, de 70 à 95 touches [VSKB_05]

140 Dans la suite de l’étude de cette méthode, nous avons retiré ces composants car leur prise en compte est identique dans les deux  
141 modélisations. Cela permet de comparer les valeurs relativement d’une méthode à l’autre.  
142

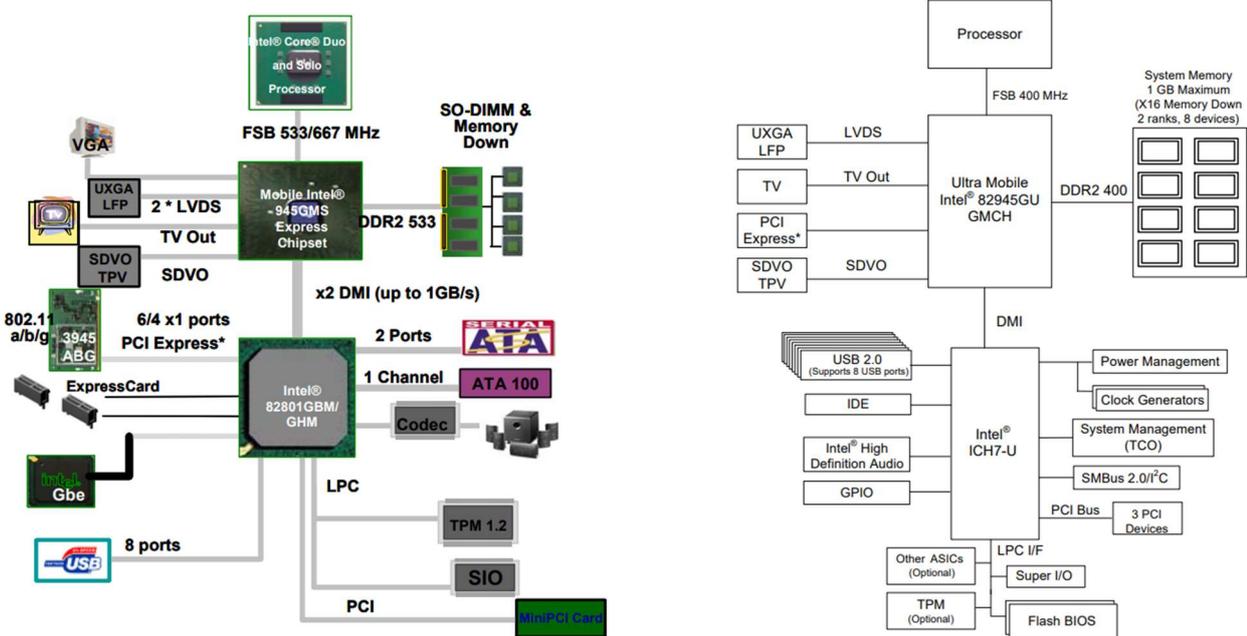
143 2) Identification des fonctions électroniques

144 Ensuite vient la différence majeure par rapport à la saisie par composant. Nous raisonnons ici en fonctions électroniques et non  
145 plus en composants électroniques. Il est à noter que le modèle « Carte COTS » utilisé est celui présent dans le guide FIDES  
146 2009A et du fichier FIDES Expertool contemporain. Il avait été à l’origine construit pour modéliser des cartes processeur et  
147 n’est donc peut-être pas parfaitement adapté à la modélisation de tout type de carte électronique. Ce modèle devrait faire l’objet  
148 d’une mise à jour dans le cadre d’un Projet Technologique de Défense (PTD) supervisé par la DGA appelé PTD FIABCOTS  
149 (à venir prochainement).  
150

151 Pour procéder au découpage par fonction, il est recommandé de s’appuyer sur des schémas fonctionnels. A noter que dans le  
152 cas de l’ordinateur durci cette ressource n’est étonnamment pas disponible auprès de Panasonic, la seule information  
153 approchant trouvée est le schéma de câblage des cartes proposé dans le manuel d’atelier (ce qui est insuffisant). Du coup il est  
154 possible de s’appuyer sur celui proposé par Intel pour Chipset. Après lecture de la référence du contrôleur de la carte mère nous  
155 avons pu identifier la référence 82945GMS de chez Intel.  
156

157 TABLE V. INTEL CENTRINO DUO TECHNOLOGY AND INTEL CENTRINO TECHNOLOGY WITH MOBILE INTEL® 945GMS EXPRESS CHIPSET

158



159 Afin d’étudier la possibilité de réaliser ce travail en l’absence d’information (pire cas), nous avons identifié les fonctions  
160 présentes sur la carte à partir des composants, sans oublier le circuit imprimé. Cette approche n’est pas évidente, et nous  
161 recommandons qu’elle soit menée par un électronicien ou par un fiabiliste ayant déjà une certaine expérience de saisie avec les  
162 schémas fonctionnels des contrôleurs.  
163

164 A partir des informations obtenues suite à l’analyse, il a été possible de saisir les informations saisies dans l’outil FIDES  
165 Expertool:

TABLE VI. EXTRAIT DE LA MODELISATION DE LA CARTE MERE DU CF-18 (METHODE CARTE COTS)

1- PCB Main	Fonctions communes toutes cartes [CTCB]	6U [COTS_26]
1- FnumcentralesCPU	Fonctions numériques centrales [CTCF]	Fonction CPU [COTS_01]
1- FnumcentralesBOOT	Fonctions numériques centrales [CTCF]	Fonction mémoire FLASH Boot (NOR) [COTS_02]
1- FnumcentralesDRAM	Fonctions numériques centrales [CTCF]	Fonction mémoire DRAM (DDR-SDRAM, SGRAM)
1- FnumcentralesSRAM	Fonctions numériques centrales [CTCF]	Fonction L2, L3 cache or SRAM [COTS_05]
1- FnumcentralesCHIPSET	Fonctions numériques centrales [CTCF]	Fonction Chipset (Northbridge, Southbridge)
1- FnumperipheriquesETH	Fonctions numériques périphériques [CTPD]	Fonction contrôle Ethernet (LAN) [COTS_08]
1- FnumperipheriquesGRAPH	Fonctions numériques périphériques [CTPD]	Fonction contrôle Graphique (VGA) [COTS_09]
1- FnumperipheriquesWIFI	Fonctions numériques périphériques [CTPD]	Fonction contrôle Wireless (Bluetooth, WIFI)
1- FnumperipheriquesCONV	Fonctions numériques périphériques [CTPD]	Fonction conversion Analogique/Numérique ou
1- LignesESbuspara	Ligne entrée/sortie (bus parallèle, bus série, ligne	Ligne numérique bus parallèle [COTS_13]
1- LignesESperipherie	Ligne entrée/sortie (bus parallèle, bus série, ligne	Ligne périphérique série (RS232, RS485, RS422, USB,
1- LignesESisolationopto	Isolation d'entrée sortie par optocouplage	Isolation d'entrée sortie par optocouplage [COTS_17]

Sur cette étape, il y a des risques d'erreurs sur l'identification et les dénombrements (même avec le schéma fabricant, et même si c'est un électronicien). Nous recommandons une relecture par un pair, mais considérons qu'une incertitude (certes modérée et non chiffrable) liée à l'identification sur le résultat de fiabilité devra être prise en compte dans l'interprétation du résultat final.

#### IV. RESULTATS

Pour réaliser cette étude, nous avons donc rassemblé toute l'information possible à notre disposition pour parvenir à identifier les différents éléments qui constituent le système. La découverte de la nomenclature de l'ordinateur durci a joué un rôle majeur dans la réalisation du travail, sans laquelle la tâche aurait été bien plus complexe (comme cela est le cas pour la lame serveur). La difficulté s'en trouve accentuée en cas de forte densité de composants sur la carte électronique ou cas d'obsolescence des technologies. Cependant, il est toujours possible de prendre des hypothèses simplificatrices afin de réaliser l'identification, tout en maîtrisant l'incertitude. Enfin, avec les connaissances adéquates, nous avons modélisé ces éléments dans l'outil de calcul FIDES Expertool auxquels nous avons associé un profil de vie cohérent d'un usage militaire pour cet ordinateur durci (radio militaire portable) afin d'arriver à la simulation d'un résultat chiffré dont voici les résultats ci-dessous :

TABLE VII. COMPARAISON DES RESULTATS SELON LE MODELE DE CALCUL

Modèle FIDES	$\lambda_{total}$ PC complet	$\lambda_{total}$ cartes (sans les sous-ensembles)
COTS Board	136 916 FIT	17 802 FIT
Composants électroniques	124 304 FIT	5 199 FIT

Ce résultat est bien évidemment à considérer avec précaution car il a été obtenu en retenant une succession d'hypothèses apportant chacune une incertitude sur le résultat. Il faut donc être conscient que l'ordre de grandeur obtenu est bien plus important que la valeur exacte dans la prise en compte des résultats. C'est à ce stade que le bon sens doit prendre le dessus sur le résultat mathématique pour fournir le meilleur avis technique sur la fiabilité prévisionnelle du matériel.

On remarque que les sous-ensembles représentent environ 90% de la défiabilité de l'ordinateur durci, quel que soit le modèle de calcul choisi (composants ou carte COTS). Cela permet de remettre en perspective les efforts à fournir lorsqu'on réalise une étude de fiabilité sur un tel matériel, mais également conduit à s'interroger sur la pertinence des modèles FIDES (cependant en l'absence de retour d'expérience il n'est pas possible de trancher). Sans surprise, pour les deux modèles, c'est la contrainte thermique pendant les phases de fonctionnement qui pénalise le plus la fiabilité.

Si nous mettons de côté les sous-ensembles, nous pouvons mieux constater l'impact du choix du modèle de calcul. Nous constatons une différence d'un facteur trois entre les deux résultats, mais qui est loin d'être inacceptable. Grâce à cette étude, nous avons consolidé l'ordre de grandeur du résultat, ce qui est déjà une indication capitale par opposition à l'inconnue qui nous faisait face avant l'étude. A noter que la saisie au niveau composant présente une meilleure sensibilité au profil de vie ce qui permet d'avoir une évaluation plus pertinente que le modèle COTS. Des travaux complémentaires sur la partie carte (hors sous-ensembles) seront à mener pour identifier si des cas d'emploi présentent un écart non acceptable entre le modèle composant et le modèle carte COTS.

Pour la lame serveur, cette étude n'étant pas encore finalisée, nous ne disposons pas encore de résultats exploitables. Mais, en dehors de certains circuits intégrés qui restent à identifier, nous pouvons affirmer que nous avons trouvé l'essentiel des composants de la lame serveur.

Ces premiers résultats, et les suivants n'en seront que plus convaincant, nous permettent d'affirmer que nous avons démontré la faisabilité d'une telle étude de modélisation d'un COTS avec le guide FIDES. Les compétences en électroniques et la capacité

209 d'analyse et d'interprétation des résultats sont des facteurs primordiaux dans une telle étude. Mais elle reste néanmoins  
210 accessible à un grand nombre d'entités réalisant des études de fiabilité prévisionnelle.

## 211 V. DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

212 La suite des travaux sur la lame serveur sera de réaliser la saisie des composants, de faire les calculs de fiabilité à partir de cette  
213 saisie. Nous essayerons, dans la mesure du possible de décomposer les parts incombant à chaque sous-ensemble (cartes annexes  
214 évidemment, mais aussi, part de la fiabilité due à l'alimentation du système, celle dus à la partie processeur / RAM, ...).

215 Une étude de la fiabilité de la lame serveur par la méthode « carte COTS » pourrait être intéressante pour estimer les écarts  
216 entre cette méthode et la méthode Composants Electroniques. Ces différences seront à mettre en rapport avec le temps  
217 nécessaire à chaque type d'analyse.

218 L'étude plus aboutie à ce jour du PC durci permet de poursuivre le processus de sûreté de fonctionnement et de soutien  
219 logistique intégré, qui dépendent directement de l'étude de fiabilité prévisionnelle.

## 220 VI. CONCLUSION

221 Bien que le travail sur la lame serveur ne soit pas encore achevé (à l'heure où nous publions cet article, il reste encore la saisie  
222 des composants à faire, et évidemment l'analyse des résultats qui va en découler), nous pouvons affirmer que ces études sont  
223 possibles.

224 Nous devons cependant introduire quelques compléments. Disposer de compétences en électronique, ou de la définition du  
225 matériel permettront de gagner du temps sur l'étude, mais ne pas disposer de tels atouts ne constituent en rien un frein à l'étude.  
226 Cela engendre simplement des délais d'étude et d'exploitation supplémentaires. A noter que disposer de la nomenclature pousse  
227 le fiabiliste à vouloir corrélérer les données avec la carte ce qui entraîne des pertes de temps pouvant être conséquentes.

228 La réalisation de telles études par des personnels débutants constitue un excellent moyen de formation, et un excellent test de  
229 la robustesse du guide FIDES à être utilisé par des personnes non expertes au domaine de la fiabilité électronique.

## 230 REMERCIEMENTS

231 Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la publication de cet article, et notamment  
232 l'ensemble du segment Fiabilité-Obsolescence de DGA Maîtrise de l'Information pour son soutien technique et moral.

233 Nous tenons également à remercier Monsieur Franck DAVENEL pour son apport historique et pour son expérience dans le  
234 domaine de la publication scientifique.

235 Enfin, nous adressons une pensée à toutes les personnes qui ont publié en source libre les documents sur lesquels nous nous  
236 sommes appuyés pour réaliser notre étude. Sans eux, ce travail n'aurait pas été rendu possible.

237

238

239

## 240 REFERENCES

241

242 [R1] : guide UTE-C 80811 (FIDES 2009)

243 [R2] : <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/datasheets/mobile-945-express-chipset-datasheet.pdf>

244

245

246