

**Guide FIDES 2009  
Edition A  
Septembre 2010**

**Méthodologie de fiabilité  
pour les systèmes électroniques**



**FIDES**

**AIRBUS France - Eurocopter  
Nexter Electronics - MBDA France  
Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics  
Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems**

## **AVANT PROPOS**

Le Guide FIDES 2009 a été réalisé par les entreprises du Groupe FIDES sous la tutelle de la DGA. Le Groupe FIDES est constitué de : AIRBUS France, Eurocopter, Nexter Electronics, MBDA France, Thales Systèmes Aéroportés SA, Thales Avionics, Thales Corporate Services SAS, Thales Underwater Systems.

## **RESUME ET PRINCIPE DE LA REVISION**

Le Guide FIDES 2009 remplace le Guide FIDES 2004 édition A (également publié par l'UTE sous la référence UTE-C 80811). Cette mise à jour a été faite pour prendre en compte les évolutions technologiques, augmenter la couverture et apporter des améliorations. Un principe directeur de ces évolutions a été de réaliser un document dont l'usage soit aussi pratique et universel que possible.

Entre le Guide FIDES 2004 édition A et le Guide FIDES 2009, tous les chapitres du document sont révisés.

Le Guide FIDES 2009 édition A apporte une série d'améliorations mineures. Ces améliorations sont principalement issues des retours des utilisateurs et en particulier des membres de la structure maintien et de développement de la méthodologie, un Groupe de Travail de l'Institut de Maîtrise des Risques (IMdR). Les évolutions qui ne sont pas des points de forme sont listées dans la table des évolutions.

## **COPYRIGHT**

Copyright © AIRBUS France 2004-2009

Copyright © Eurocopter 2004-2009

Copyright © GIAT Industries 2004 - Nexter Electronics 2009

Copyright © MBDA France 2004-2009

Copyright © Thales Airborne Systems 2004- Thales Systèmes Aéroportés SA 2009

Copyright © Thales Avionics 2004-2009

Copyright © Thales Research & Technology 2004 - Thales Corporate Services SAS 2009

Copyright © Thales Underwater Systems 2004-2009

## **CONTACT**

Pour tout contact s'inscrire sur le site internet :

[www.fides-reliability.org](http://www.fides-reliability.org)

---

### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## **AVERTISSEMENT**

Les entreprises du Groupe FIDES n'ont prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engagent pas leurs responsabilités pour des réalisations déclarées conformes à cette publication.

Aucune responsabilité ne doit être imputée aux entreprises du Groupe FIDES, à leurs administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris leurs experts particuliers, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette publication ou du crédit qui lui est accordé.

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente publication peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Les entreprises du Groupe FIDES ne sauraient être tenus pour responsables de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

---

### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**TABLE DES EVOLUTIONS**

Pages	Paragraphes	Evolutions
33	1.9.3	Ajout d'une explication sur l'approvisionnement
40	2.5.4	Ajout d'une précision sur l'absence de lien a priori entre $\theta_{\text{cycle}}$ et durée de la phase
85, 87 et 88	3.5	Corrections dans le profil de vie lave linge. La plupart des lignes du profil de vie sont affectées.
89, 90	3.6	Ajout d'indications sur la vitesse
93	3.7	Correction du cyclage thermique jour/nuit du profil "chenillé blindé".
95	3.7	Correction de la température maximale du cycle de la phase "marche".
100	Facteur induit	Ajout de critères qualitatifs pour le choix du "type d'utilisateur"
102	Facteur induit	Ajout des numéros de fiche dans la table du facteur $\Pi_{\text{Durcissement}}$
104	Facteur $AQ_{\text{fabricant}}$	Evolution du critère pour le niveau "Equivalent"
111, 120, 130, 146, 150	Facteur $AQ_{\text{composant}}$	Evolution des critères pour les niveaux "Supérieur" et "Equivalent"
117	ASIC	Correction du dénominateur de la formule du Part_Grade
155, 158	Facteur $AQ_{\text{composant}}$	Evolution du critère pour le niveau "Supérieur"
165	H&MCM	Evolution de l'équation du $\lambda_{\text{puce}}$ . Déplacement du paragraphe "Humidité"
172	H&MCM	Evolution de l'équation du $\lambda_{\text{câblage}}$
173	H&MCM	Ajout du paragraphe "Humidité" (déplacé sans changement)
176	H&MCM	Ajout d'une précision sur le calcul de K
195	Carte COTS	Ajout d'une remarque sur le calcul du facteur "induit"
233	Comptages fiabilité	Remplacement de l'acronyme FMG
238	Comptages fiabilité	Remplacement de l'acronyme FMG
251	Facteur process sans plomb	Correction des sommes et de certains numéros de critères
270+	V	Nombreuses corrections de forme

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## Sommaire

<b>I</b>	<b>Présentation du Guide FIDES.....</b>	<b>9</b>
	<b>1. Introduction.....</b>	<b>10</b>
	<b>2. Avertissement sur la méthodologie FIDES .....</b>	<b>11</b>
	<b>3. Terminologie .....</b>	<b>12</b>
	3.1. Acronymes .....	12
	3.2. Définitions .....	13
	<b>4. Références .....</b>	<b>15</b>
	<b>5. Champ d'application .....</b>	<b>16</b>
	5.1. Domaines d'application.....	16
	5.2. Couverture des modèles.....	16
	5.3. Nature de la prédiction.....	17
	5.4. Confiance dans la prédiction .....	19
	5.5. Articles couverts .....	20
<b>II</b>	<b>Guide d'évaluation prévisionnelle de la fiabilité.....</b>	<b>21</b>
	<b>1. Présentation des modèles .....</b>	<b>22</b>
	1.1. Origines des données de fiabilité .....	22
	1.2. Approche FIDES.....	23
	1.3. Méthode complète et méthodes simplifiées .....	23
	1.4. Données d'entrée génériques.....	24
	1.5. Modèle Général .....	25
	1.6. Profil de vie et unité de temps .....	26
	1.7. Taux de défaillance d'un produit électronique .....	27
	1.8. Contributeurs physiques et technologiques $\lambda_{\text{physique}}$ .....	28
	1.9. Contributeurs processus.....	31
	<b>2. Profils de vie .....</b>	<b>34</b>
	2.1. Principes de construction du profil de vie .....	34
	2.2. Durée des phases.....	35
	2.3. Domaines d'applicabilité .....	35
	2.4. Température (contraintes thermique et thermoélectrique).....	36
	2.5. Cyclage thermique (contrainte thermomécanique) .....	38
	2.6. Humidité relative .....	41
	2.7. Niveau vibratoire (contrainte mécanique).....	44
	2.8. Contrainte chimique.....	48
	2.9. Type d'application .....	49
	2.10. Sources des données .....	50
	2.11. Profil de vie standard .....	50
	<b>3. Exemples de profil de vie .....</b>	<b>53</b>

---

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

3.1.	Profil de vie d'un calculateur de navigation embarqué sur un hélicoptère .....	53
3.2.	Profil de vie d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil moyen courrier.....	71
3.3.	Profil de vie d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil turbopropulsé.....	76
3.4.	Profil de vie d'un équipement de type système industriel .....	81
3.5.	Profil de vie de machine à laver le linge .....	85
3.6.	Profil de vie d'emport externe d'avion d'armes multi-rôles .....	89
3.7.	Autres exemples .....	93
<b>III</b>	<b>Fiches de calcul du guide d'évaluation .....</b>	<b>96</b>
	<b>Composants électroniques.....</b>	<b>97</b>
	<b>Facteur induit .....</b>	<b>98</b>
	<b>Facteur fabrication composant .....</b>	<b>104</b>
	<b>Résistances thermiques des composants .....</b>	<b>106</b>
	<b>Circuits Intégrés .....</b>	<b>111</b>
	<b>Application Specific Integrated Circuit (ASIC).....</b>	<b>117</b>
	<b>Discrets Actifs.....</b>	<b>120</b>
	<b>Diodes Electroluminescentes (DEL) .....</b>	<b>125</b>
	<b>Optocoupleurs .....</b>	<b>128</b>
	<b>Résistances .....</b>	<b>130</b>
	<b>Fusibles .....</b>	<b>133</b>
	<b>Condensateurs Céramique .....</b>	<b>135</b>
	<b>Condensateurs Aluminium .....</b>	<b>138</b>
	<b>Condensateurs au Tantale .....</b>	<b>140</b>
	<b>Composants Magnétiques : Inductances et Transformateurs .....</b>	<b>142</b>
	<b>Composants piézoélectriques : Oscillateurs et Quartz.....</b>	<b>144</b>
	<b>Relais électromécaniques monostables .....</b>	<b>146</b>
	<b>Interrupteurs et commutateurs .....</b>	<b>150</b>
	<b>Circuit imprimé (PCB) .....</b>	<b>155</b>
	<b>Connecteurs .....</b>	<b>158</b>
	<b>Hybrides et Multi Chip Modules .....</b>	<b>161</b>
	<b>Modèle général.....</b>	<b>162</b>
	<b>Facteur induit .....</b>	<b>163</b>
	<b>Facteur processus H&amp;M.....</b>	<b>164</b>
	<b>Microcomposants .....</b>	<b>165</b>
	<b>Câblage, boîtier, substrat, connexions externes.....</b>	<b>172</b>
	<b>Contraintes physiques .....</b>	<b>178</b>
	<b>Composants hyperfréquence (HF) et radiofréquence (RF).....</b>	<b>180</b>
	<b>Facteur processus RF et HF .....</b>	<b>181</b>

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Circuits Intégrés RF HF .....	182
Discrets Actifs RF HF .....	185
Composant passifs RF HF .....	188
<b>Cartes COTS .....</b>	<b>191</b>
Généralités .....	192
Facteur induit .....	193
Facteur fabrication article .....	194
Fonctions électroniques embarquées .....	195
<b>Sous-ensembles divers.....</b>	<b>201</b>
Généralités .....	202
Durée de vie .....	203
Facteur induit et fabrication article .....	205
Ecrans LCD (TFT, STN) .....	206
Disques durs (EIDE, SCSI) .....	209
Moniteurs CRT .....	212
Convertisseurs de tension AC/DC et DC/DC .....	215
Batteries lithium et nickel .....	217
Ventilateurs .....	220
Claviers .....	223
<b>Comptage fiabilité par familles d'articles et par types d'articles.....</b>	<b>227</b>
Principes généraux.....	228
Comptage par types d'articles : Paramètres .....	231
Comptage par familles d'articles : Paramètres .....	241
<b>Prise en compte du passage au sans plomb .....</b>	<b>245</b>
Conséquences sur la fiabilité .....	246
Facteur process sans plomb .....	249
<b>IV Guide de maîtrise et d'audit du processus fiabilité .....</b>	<b>252</b>
1. Cycle de vie .....	253
2. Le facteur processus .....	254
3. Recommandations métier - Maîtrise de la fiabilité .....	254
4. Calcul du facteur processus $\Pi_{Process}$ .....	255
4.1. Influence relative des phases du cycle de vie .....	255
4.2. Niveau de satisfaction aux recommandations .....	256
4.3. Etalonnage .....	257
4.4. Calcul de la note d'audit .....	258
4.5. Calcul du facteur processus .....	259
5. Guide d'audit.....	260

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

5.1.	Procédure d'audit.....	260
5.2.	Identifier le périmètre de l'audit.....	261
5.3.	Préparer l'audit.....	264
5.4.	Réalisation de l'audit.....	265
5.5.	Traiter l'information recueillie.....	265
5.6.	Présenter le résultat d'audit.....	265
5.7.	Principe de positionnement.....	266
5.8.	Profil des acteurs de l'audit.....	267

**V Recommandations du guide de maîtrise et d'audit du Processus Fiabilité .... 269**

**Tables des recommandations avec les pondérations..... 270**

<b>Spécification</b> .....	<b>271</b>
<b>Conception</b> .....	<b>273</b>
<b>Fabrication carte ou sous-ensemble</b> .....	<b>276</b>
<b>Intégration équipement</b> .....	<b>280</b>
<b>Intégration système</b> .....	<b>284</b>
<b>Exploitation et maintenance</b> .....	<b>287</b>
<b>Activités support</b> .....	<b>290</b>
<b>Durcissement</b> .....	<b>292</b>

**Fiches détaillées des recommandations..... 294**



# I

## Présentation du Guide FIDES

---

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 1. Introduction

Le Guide FIDES, méthodologie globale d'ingénierie de la fiabilité en électronique, est constitué de deux parties :

- un guide d'évaluation prévisionnelle de la fiabilité,
- un guide de maîtrise et d'audit du processus fiabilité.

Les objectifs du Guide FIDES sont d'une part de permettre une évaluation réaliste de la fiabilité des produits électroniques, y compris dans les systèmes qui rencontrent des environnements sévères ou très bénin (stockage), et d'autre part de fournir un outil concret pour la construction et la maîtrise de cette fiabilité.

Ses principales caractéristiques sont :

- L'existence de modélisations tant pour les composants Electriques, Electroniques, Electromécaniques que pour les cartes électroniques ou certains sous-ensembles.
- La mise en évidence et la prise en compte de tous les facteurs technologiques et physiques qui ont un rôle identifié dans la fiabilité.
- La prise en compte précise du profil de vie.
- La prise en compte des surcharges accidentelles électriques, mécaniques et thermiques (ou overstress).
- La prise en compte des défaillances liées aux processus de développement, de production, d'exploitation et de maintenance.
- La possibilité de distinguer plusieurs fournisseurs d'un même composant.

Au travers de l'identification des contributeurs à la fiabilité, qu'ils soient technologiques, physiques ou de processus, le Guide FIDES permet d'agir sur les définitions et dans tout le cycle de vie des produits pour améliorer et maîtriser la fiabilité.

## **2. Avertissement sur la méthodologie FIDES**

Le consortium qui a élaboré la méthodologie FIDES est composé d'entreprises des domaines de l'aéronautique et de la défense. Ce consortium a été créé sous la tutelle de la Délégation Générale pour l'Armement (DGA).

La méthodologie FIDES est fondée sur la physique des défaillances et étayée par des analyses de données d'essais, de retour d'expérience et de modélisations existantes. Elle se distingue ainsi des méthodes antérieures développées principalement à partir d'exploitations statistiques de retour d'expérience.

Cette démarche permet d'éviter que les résultats de fiabilité prédits ne soient influencés par les domaines industriels des concepteurs de la méthodologie.

Après mise au point des modèles, la méthodologie a été calibrée à partir de l'expérience des membres du consortium, en particulier dans le cas des facteurs processus.

---

### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3. Terminologie

#### 3.1. Acronymes

**ASIC** : Application Specific Integrated Circuit  
**BICMOS** : Bipolar-CMOS  
**COTS** : Commercial Off-The-Shelf  
**CMOS** : Complementary Metal Oxyde Semiconductor  
**CPLD** : Complex Programmable Logic Device  
**CRT** : Cathode Ray Tube  
**DDV** : Durée de vie  
**DGA** : Délégation Générale de l'Armement  
**DRAM** : Dynamic Random Access Memory  
**EEE** : Electrique, Electronique, Electromécanique  
**EEPROM** : Electrically Erasable Programmable Read Only Memory  
**EIDE** : Enhanced Integrated Drive Electronic  
**EOS** : Electrical Overstress  
**EPROM** : Erasable Programmable Read Only Memory  
**ESD** : Electro Static Discharge  
**FIT** : Failure In Time (1 fit vaut  $10^{-9}$  défaillance par heure)  
**FMDS** : Fiabilité Maintenabilité Disponibilité Sécurité  
**FPGA** : Field Programmable Gate Array  
**G<sub>RMS</sub>** : G root mean square  
**LCD** : Liquid Crystal Display  
**MOS** : Mechanical Overstress (surcharge accidentelle)  
**MOS** : Metal Oxyde Semiconductor (semi-conducteur)  
**PAL** : Programmable Array Logic  
**PCB** : Printed Circuit Board  
**RH** : Relative Humidity  
**SCSI** : Small Computer System Interface  
**SMD** : Surface Mounted Device  
**STN** : SuperTwisted-Nematic  
**SRAM** : Static Random Access Memory  
**TCy** : Thermal Cycling  
**TFT** : Thin-Film Transistor  
**TOS** : Thermal Overstress  
**TTF** : Time To Fail

---

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3.2. Définitions

#### Fiabilité

Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

La fiabilité est généralement exprimée quantitativement par des caractéristiques appropriées. Dans certaines applications, l'une de ces caractéristiques est une expression de cette aptitude par une probabilité, appelée aussi fiabilité.

#### Mécanisme de défaillance

Ensemble des relations "cause-effet" d'un processus physique, chimique, ou autre qui relie la cause racine de la défaillance au mode de panne.

#### Mode de panne

Un des états possibles d'une entité en panne pour une fonction requise.

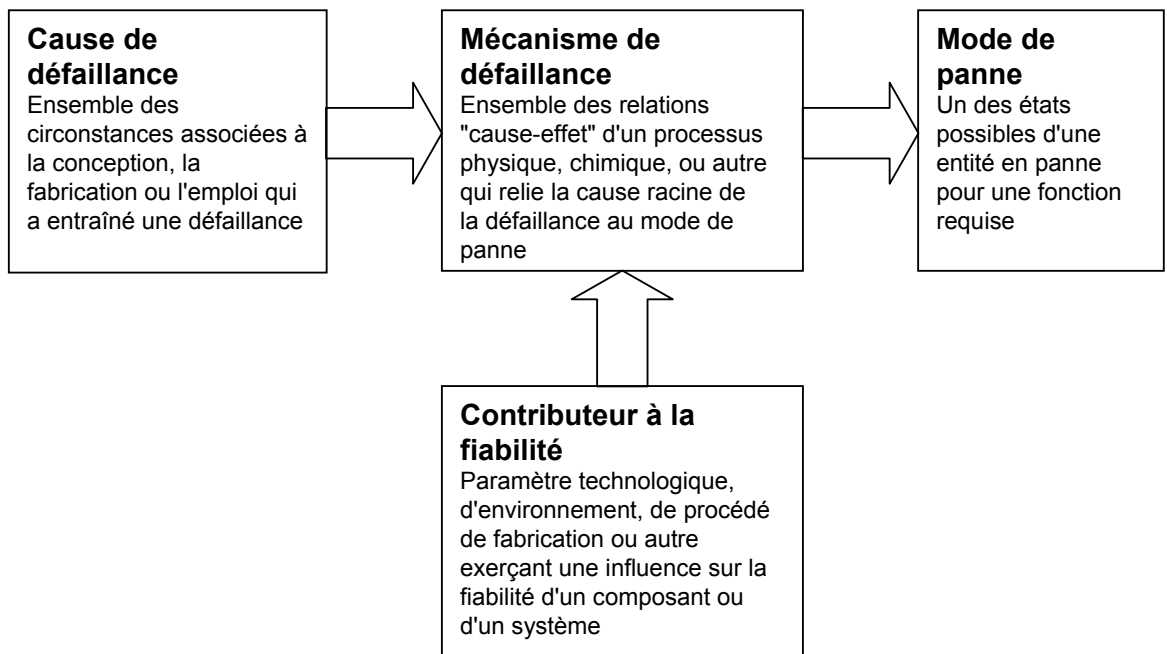
#### Cause de défaillance

Ensemble des circonstances associées à la conception, la fabrication ou l'emploi qui a entraîné une défaillance.

#### Contributeur à la fiabilité - Facteur influant pour la fiabilité

Paramètre technologique, d'environnement, de procédé de fabrication ou autre exerçant une influence sur la fiabilité d'un composant ou d'un système.

La logique qui sous-tend les définitions qui précèdent peut être résumée par le schéma suivant :



**Système**

Un ensemble d'équipements capables de réaliser ou de supporter un rôle opérationnel. Un système complet comprend tous les équipements, matériels, logiciels, services et personnels nécessaires pour son fonctionnement de manière à ce qu'il puisse se suffire à lui-même dans son environnement d'utilisation. Exemples : automobile, avion, micro-ordinateur.

**Sous-système**

Un ensemble d'équipements capables de réaliser une fonction opérationnelle d'un système. Le sous-système est une subdivision majeure du système. Le sous-système est souvent lui-même dénommé système. Exemple : système ABS d'une automobile, système GPS d'un avion.

**Equipement**

Terme désignant un groupe d'articles capables de réaliser une fonction complète. Exemple : calculateur du système ABS, moniteur du système GPS.

**Sous-ensemble**

Terme désignant un article ou un groupe assemblé d'articles capables de réaliser une fonction de l'équipement. Exemple : carte électronique d'un calculateur, disque dur.

**Composant électronique**

Terme désignant un élément destiné à être assemblé avec d'autres afin de réaliser une ou plusieurs fonctions électroniques. Exemple : transistor, résistance. Cette définition englobe également le circuit imprimé (ou PCB).

**Produit**

Dans ce guide, désigne l'entité assemblée dont la fiabilité est étudiée. Généralement un équipement.

**Article**

Dans ce guide, désigne une entité élémentaire, non décomposée, dont il est possible d'étudier la fiabilité. Désigne un composant ou un sous ensemble.

---

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 4. Références

IEC 60050 (191) A1 (1999-03)

Vocabulaire électrotechnique - Chapitre 191 : sûreté de fonctionnement et qualité de service

MIL-HDBK-217F (+ notice 1 et 2)

Reliability prediction of electronic equipment

UTE C 80-810

RECUEIL DE DONNEES DE FIABILITE : RDF 2000 - Modèle universel pour le calcul de la fiabilité prévisionnelle des composants, cartes et équipements électroniques

IEC 61709

Composants électroniques - Fiabilité - Conditions de référence pour les taux de défaillances et modèles d'influence des contraintes pour la conversion

IEC 62308:2006

Fiabilité de l'équipement - Méthodes d'évaluation de la fiabilité

SSB-1.003

EIA Engineering Bulletin - Acceleration Factors - November 1999 and September 2002

JEDEC JEP122C

Failure Mechanisms and Models for Semiconductor Devices

## **5. Champ d'application**

### **5.1. Domaines d'application**

La méthodologie FIDES est applicable à l'ensemble des domaines utilisant l'électronique :

- Aéronautique.
- Naval.
- Militaire.
- Production et distribution de l'électricité.
- Automobile.
- Ferroviaire.
- Spatial.
- Industriel.
- Télécommunications.
- Informatique, domotique, électroménager.
- Et cetera...

### **5.2. Couverture des modèles**

La méthodologie FIDES modélise les défaillances ayant des origines intrinsèques aux articles étudiés (technologie ou qualité de fabrication et de distribution de l'article) et extrinsèques (spécification et conception de l'équipement, sélection de la filière d'approvisionnement, production et intégration équipement).

Sont prises en compte par la méthodologie :

- Les pannes issues d'erreurs de développement ou de fabrication.
- Les surcharges accidentelles (électriques, mécaniques, thermiques) liées à l'application et non répertoriées comme telles par l'utilisateur (l'occurrence de la surcharge est restée cachée).

Les défaillances non traitées par la méthodologie sont :

- Les défaillances d'origine logicielle.
- Les pannes non confirmées.
- Les défaillances liées à des opérations de maintenance préventive non effectuées.
- Les défaillances liées à des agressions accidentelles lorsqu'elles sont identifiées ou avérées (propagations de pannes, utilisations hors spécifications, mauvaises manipulations : l'occurrence de la surcharge est connue).

La méthodologie FIDES permet de traiter les phases de non fonctionnement, qu'il s'agisse des périodes dormantes entre les utilisations ou du stockage proprement dit.

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

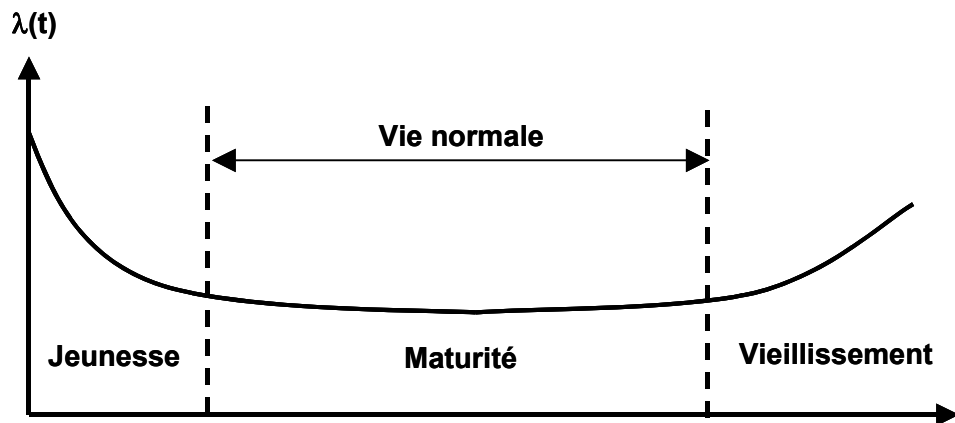


## 5.3. Nature de la prédiction

### 5.3.1. Cas général

Les prévisions de fiabilité données par la méthodologie FIDES sont des taux de défaillance, notés  $\lambda$ .

L'observation expérimentale montre que l'évolution du taux de défaillance en fonction du temps est en général représentée par la courbe suivante dite "courbe en baignoire".



La vie d'un produit peut donc être divisée en trois périodes :

- Période de jeunesse, défaillances précoces.
- Période de vie utile, taux de défaillance sensiblement constant.
- Période de vieillesse, défaillances d'usure.

Lors de la période de jeunesse, le taux de défaillance diminue. La fiabilité du produit croît avec le temps. C'est la période où les défaillances sont dues à des problèmes de mise en place des procédés et au déverminage de la conception et des composants.

La période de vie utile est représentée par un taux de défaillance constant. Le taux de défaillance est indépendant de l'âge du produit (ces pannes sont souvent qualifiées d'aléatoires pour cette raison). Cette période, souvent inexistante pour la mécanique, est celle de référence pour l'électronique.

Lors de la période de vieillesse, la fiabilité décroît avec le nombre d'heures de fonctionnement : plus le produit est vieux, plus il est probable d'avoir une défaillance. Ce type de comportement est caractéristique des articles soumis à usure ou autres détériorations progressives. Cela correspond à des taux de défaillance croissants.

Le modèle d'évaluation FIDES propose une évaluation de fiabilité à taux de défaillance constant (en fait à taux de défaillance moyen). Les périodes de jeunesse et de vieillesse sont exclues de la prévision (avec un cas particulier pour certains sous-ensembles). Cela pour les raisons suivantes :

- Tout d'abord, la période de jeunesse est représentative de la mise au point d'un équipement ou d'un système. La maîtrise de la croissance de fiabilité pendant cette phase est une étape cruciale pour l'obtention rapide d'une bonne fiabilité.
- La période de vieillesse est également exclue de FIDES car elle est en principe suffisamment lointaine par rapport à la durée de vie utile des systèmes électroniques que couvre FIDES. Cependant, la vérification de cette hypothèse lors de la conception d'un produit est un point clé. Dans le cas d'articles à durée de vie insuffisante, d'autres approches que la seule fiabilité prévisionnelle doivent traiter cet aspect, comme par exemple la définition de maintenances préventives.
- Il est certain qu'au niveau microscopique très peu de mécanismes de défaillance répondent strictement à une loi d'apparition de type "taux constant". Cependant :
  - Beaucoup de mécanismes de défaillance bien que cumulatifs, donc croissants dans le temps, ont une telle dispersion qu'ils sont assimilables à une constante sur les périodes considérées.
  - La multiplicité et la diversité des composants, même sur une seule carte, vont conduire à un cumul proche d'une constante.
  - Les différences d'âge entre les équipements d'un même système ou d'un parc conduisent à l'obtention d'un taux constant pour l'observateur de niveau système.

Pour ces raisons, l'utilisation d'un taux de défaillance constant reste l'approche la plus pertinente pour l'estimation de la fiabilité prévisionnelle d'un système.

La physique des défaillances est employée dans certains cas pour prédire des valeurs probabilistes de durée de vie (Time To Fail). Ce type de prédiction est complémentaire à la prédiction de fiabilité, mais ne peut pas la remplacer.

### **5.3.2. Défaillance liées au vieillissement dans le cas des sous-ensembles**

Pour les composants électroniques, dans la majorité des cas, la durée de vie est suffisamment grande devant la période d'utilisation opérationnelle et son impact est donc négligeable (rappel : la vérification de cette hypothèse lors de la conception d'un produit est un point clé). Mais ce n'est plus le cas, par exemple, lorsqu'on est en présence de phénomènes d'usures liés à des pièces mécaniques en mouvement.

Dans le cas de certains sous-ensembles dont la durée de vie est sensiblement plus courte que celle du système complet, les défaillances liées à du vieillissement peuvent avoir une contribution non négligeable à la fiabilité. Une modélisation particulière est proposée pour ces cas là.

## 5.4. Confiance dans la prédiction

Les évaluations réalisées suivant la méthodologie FIDES visent à donner des valeurs réalistes des niveaux de fiabilité, proches des valeurs moyennes couramment observées (par opposition à des valeurs pessimistes ou prudentes).

Une question primordiale à l'issue d'une estimation de fiabilité prévisionnelle est de savoir quelle confiance lui accorder. Cette question est d'autant plus importante que les utilisateurs n'ont pas confiance dans les résultats bruts fournis par les méthodologies antérieures et que la maîtrise de la fiabilité (quantification et ingénierie) dans les projets est devenue essentielle.

L'un des objectifs du projet FIDES est de construire cette confiance. Cependant, l'exactitude de la prédiction n'est pas la seule finalité de la méthodologie FIDES. L'identification et la maîtrise des facteurs influant sur la fiabilité peuvent être considérées comme des objectifs plus importants encore.

En règle générale, une estimation ponctuelle de fiabilité prévisionnelle ne peut pas être assortie d'un intervalle de confiance comme il est possible de le faire lorsqu'on mesure un taux de défaillance à partir d'un retour d'expérience. Dans le cas de FIDES, s'il serait éventuellement possible de calculer un intervalle de confiance sur certains taux de défaillance de base, il est pratiquement impossible d'estimer la confiance dans tous les paramètres d'ajustements, même lorsqu'il s'agit de lois d'accélération physiques connues et largement utilisées.

Il est important de garder en considération que la fiabilité est une notion probabiliste.

La représentativité de la prédiction augmente avec le nombre d'articles considérés. Les prédictions ne sont en général pas applicables au niveau d'un article seul. Il est plus recommandé de se placer au moins à un niveau équipement (ensemble de cartes électroniques).

Note : L'utilisation dans les modèles de valeurs numériques comprenant plusieurs chiffres significatifs n'est pas une indication sur la précision attendue des résultats.

Dans tous les cas, la comparaison entre une fiabilité prévisionnelle et une fiabilité mesurée par retour d'expérience est une démarche délicate, car la mesure de fiabilité en service présente elle aussi des incertitudes. Ces incertitudes sont liées par exemple :

- A l'évolution de la fiabilité dans le temps.
- A la méconnaissance de la vie réelle du produit.
- Au filtrage des pannes entre pannes imputables au produit et pannes non imputables au produit.
- Aux cas des effets de lots, dont la prise en compte pour le calcul de fiabilité est délicate.

Un pré-requis pour la comparaison entre une fiabilité prévisionnelle et une fiabilité mesurée par retour d'expérience est en tout cas de s'assurer que le profil de vie effectivement vécu par le produit est bien suffisamment proche de celui utilisé pour

faire la prévision. Sinon, la comparaison porte sur la sévérité relative des deux profils de vie (prévisionnel et réel) et pas sur la fiabilité elle même.

L'une des caractéristiques de la méthode FIDES est de considérer que les pannes sont en très grande partie la conséquence des situations de vie rencontrées par le produit. La confiance dans la prévision de fiabilité ne peut donc en aucun cas être meilleure que la confiance dans la prévision de ce que sera la vie du produit.

## **5.5. Articles couverts**

La méthodologie FIDES couvre les articles allant du composant électronique élémentaire au module ou sous-ensemble électronique à fonction bien définie. La couverture des familles d'articles par FIDES n'est pas totalement exhaustive. Cependant, la couverture est largement suffisante pour permettre une évaluation représentative de la fiabilité dans la majorité des cas.

La méthodologie s'applique aux COTS (pour lesquels elle a été initialement développée) mais aussi aux articles spécifiques dans la mesure où leurs caractéristiques techniques correspondent à celles décrites dans ce guide.

L'acronyme COTS (Commercial Off-The-Shelf) désigne tout article acheté sur catalogue, disponible sur le marché domestique ou étranger, selon une référence fournisseur, et pour lequel le client n'a aucune maîtrise de la définition, ni de la production. Cet article peut être modifié, arrêté de fabrication, arrêté de maintenance sans que le client ne puisse s'y opposer. Un seul fournisseur ou plusieurs fournisseurs peuvent exister pour un même article.

Les COTS traités dans FIDES sont :

- Des composants tels que des circuits intégrés, des circuits discrets actifs ou des composants passifs.
- Des sous-ensembles tels que des disques durs ou des écrans.
- Des cartes COTS assemblées.

---

### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## **II Guide d'évaluation prévisionnelle de la fiabilité**

## **1. Présentation des modèles**

### **1.1. Origines des données de fiabilité**

Les données utilisées pour la construction des modèles proviennent :

- De bases de données d'analyses de défaillances du domaine des systèmes d'armes et du domaine aéronautique civil
- De données de fiabilité des fabricants de composants et de sous-ensembles.
- De recueils de fiabilité existants lorsque cela était pertinent et exploitable.

Ces données ont permis de développer et de calibrer les modèles selon trois méthodes :

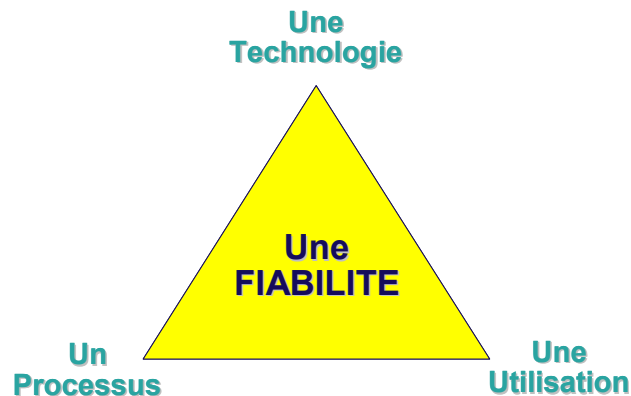
Méthode 1 : Utilisation des bases de données opérationnelles (aéronautiques et militaires) sur les mécanismes de défaillances.

Méthode 2 : Utilisation des données d'essais fabricants de composants et sous-ensembles (essais environnementaux, données technologiques, ...).

Méthode 3 : Utilisation de données mixtes (données fabricants, retours d'expérience, résultats d'essais). Cette méthode permet principalement de construire les modèles des sous-ensembles.

## 1.2. Approche FIDES

L'approche fiabilité de FIDES est basée sur la prise en compte des trois composantes Technologie, Processus et Utilisation. Ces composantes sont considérées pour l'ensemble du cycle de vie depuis la phase de spécification du produit jusqu'à la phase d'exploitation et de maintenance.



La Technologie couvre aussi bien celle de l'article lui-même que celle de son intégration dans le produit.

Le Processus considère toutes les pratiques et règles de l'art depuis la spécification du produit jusqu'à son remplacement.

L'Utilisation prend en compte à la fois les contraintes d'emploi définies par la conception du produit et celles en exploitation chez l'utilisateur final.

Les modèles considèrent donc une Technologie face à des contraintes d'Utilisation selon une approche mécanismes de défaillances et contributeurs associés, et surtout pondèrent le risque de défaillance par l'ensemble des contributeurs Processus pouvant activer, accélérer ou minorer ces mécanismes.

## 1.3. Méthode complète et méthodes simplifiées

L'évaluation de la fiabilité est possible avec différents niveaux de finesse pour s'adapter au déroulement des projets :

- Méthode détaillée, la plus complète.
- Méthode de comptage fiabilité par types d'articles.
- Méthode de comptage fiabilité par familles d'articles, la plus simple à appliquer.

Les méthodes de comptage fiabilité par types d'articles et par familles d'articles sont dérivées de la méthode détaillée complète. Tous les modèles généraux s'appliquent de la même manière aux trois méthodes qui ne diffèrent que par le niveau d'information sur le produit qu'il est nécessaire de traiter.

---

### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 1.4. Données d'entrée génériques

Les données d'entrée sont, de manière générique :

### Les données sur les environnements et les conditions d'emploi du produit.

Ce sont typiquement :

- Température de fonctionnement.
- Amplitude et fréquence des cycles thermiques.
- Niveau vibratoire.
- Humidité relative.
- Niveau de pollution ambiante.
- Exposition aux surcharges accidentelles (type d'application).

Ces données sont à décliner pour chacune des phases de vie du produit. La finesse de la description du profil de vie du produit au sein d'un système opérationnel conditionne la précision de l'évaluation de fiabilité. Aussi, cette étape de l'analyse prévisionnelle devra être menée avec le plus grand soin.

### Les données sur la définition du produit.

Ce sont typiquement :

- Nomenclatures.
- Caractéristiques techniques ou technologiques des articles issues des fiches de données des constructeurs.

Les renseignements liés à l'application sont à évaluer pour chaque phase du cycle de vie :

- Niveaux de contrainte ou de charge des articles (puissances dissipées, stress en tension...).
- Aggravations (ou améliorations) locales de température ou d'un autre paramètre d'environnement.

En pratique ces données sont souvent constantes ou supposées constantes pour toutes les phases de fonctionnement, mais ce n'est pas toujours le cas.

### Les données sur le cycle de vie du produit.

Ces données doivent être collectées au moyen d'un audit du processus. Cet audit porte sur la maîtrise de la fiabilité. Cet audit couvre les phases de spécification, conception, fabrication carte, intégration équipement, intégration système, exploitation et maintenance du produit ainsi que les activités transverses. Bien entendu la rigueur et la profondeur de cet audit sont à mettre en adéquation avec le niveau de fiabilité recherché.

### Les données sur les fournisseurs des articles utilisés dans le produit.

Ces données proviennent du fournisseur de l'article et de la connaissance qu'a l'industriel de son fournisseur.



## 1.5. Modèle Général

Le modèle général de fiabilité FIDES d'un article se base sur l'équation ci-dessous :

$$\lambda = \left( \sum_{\text{Contributions\_physiques}} \right) \times \left( \prod_{\text{Contributions\_processus}} \right)$$

Où :

- $\lambda$  est le taux de défaillance de l'article.
- $\sum_{\text{Contributions\_physiques}}$  représente un terme de construction principalement additive, qui représente les contributions physiques et technologiques à la fiabilité.
- $\prod_{\text{Contributions\_processus}}$  représente un terme multiplicatif qui représente l'impact du processus de développement, de production et d'exploitation sur la fiabilité.

En pratique, cette équation devient :

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

Où :

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

## 1.6. Profil de vie et unité de temps

Les taux de défaillance prédits par la méthodologie FIDES sont des taux de défaillance horaires, exprimés par heure calendaire et basés sur la prise en compte d'un profil de vie annuel.

Le taux de défaillance de chaque phase est pondéré par la durée de la phase :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{\text{Temps\_annuel}_{\text{phase-i}}}{8760} \cdot \lambda_{\text{phase-i}} \right)$$

Une année non bissextile vaut 8760 heures calendaires. Tous les modèles sont présentés avec cette valeur de 8760 heures. Il est bien sûr possible de l'adapter si les profils de vie considérés se décrivent mieux sur des périodes plus longues ou plus courtes. Le calcul annuel reste recommandé en général.

Les taux de défaillances prédits sont exprimés en FIT (1 FIT vaut 1 défaillance par 10<sup>9</sup> heures).

Remarques :

- Il ne s'agit donc pas de taux de défaillance exprimés par heure de fonctionnement et pour cette raison (entre autres) les taux de défaillance prédits par la méthodologie FIDES ne peuvent pas être comparés directement à des résultats issus d'approches différentes.
- Pour le calcul d'un taux de défaillance sur une période différente d'une année (phase de mission spécifique par exemple), il suffit de remplacer dans les formules, la valeur de la pondération temporelle calée à 8760 heures (1 an), par la durée effective de la période considérée (cela peut nécessiter des précautions si cette période est trop restrictive pour permettre une imputation correcte des contraintes, le cyclage thermique en particulier).

L'usage généralisé du "FIT calendaire" comme unité de mesure du taux de défaillance permet au responsable fiabilité de se constituer une référence fixe pour la comparaison des valeurs de taux de défaillance. De plus, lorsque le type de produit est suffisamment connu, le taux de défaillance devient également une indication de la sévérité du profil de vie.

Malgré la meilleure universalité du taux de défaillance exprimé en FIT calendaire, il faut parfois présenter le taux de défaillance sous la forme de "MTBF en heure de mission". Ce calcul consiste à imputer toutes les pannes aux heures où le produit est réputé "en mission". A partir du taux de défaillance calendaire, le taux de défaillance en mission se calcule comme suit :

$$\lambda_{\text{mission}} = \lambda_{\text{calendaire}} \times \frac{\text{Durée calendaire}}{\text{Durée en mission}}$$

---

### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 1.7. Taux de défaillance d'un produit électronique

Le modèle général FIDES permet le calcul du taux de défaillance d'un produit électronique avant toute considération de redondance ou d'architecture.

Le taux de défaillance global du produit électronique (en général un équipement) s'obtient en faisant la somme de l'ensemble des taux de défaillance de chacun des éléments le constituant.

$$\lambda_{\text{produit}} = \left( \sum_{\text{Article}} \lambda_{\text{Article}} \right)$$

Ou, sous une autre forme :

$$\lambda_{\text{produit}} = \left( \begin{array}{l} \sum_{\text{Composants}} \lambda_{\text{Composants}} \\ + \sum_{\text{PCB}} \lambda_{\text{PCB}} \\ + \sum_{\text{Cartes}} \lambda_{\text{Cartes COTS}} \\ + \sum_{\text{S-E\_autres}} \lambda_{\text{Sous-ensembles\_autres}} \end{array} \right)$$

### 1.8. **Contributeurs physiques et technologiques $\lambda_{\text{physique}}$**

La contribution physique se décompose elle-même en différentes sous-contributions selon le modèle ci-dessous :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \left[ \sum_{\text{Contributions\_Physiques}} (\lambda_0 \cdot \Pi_{\text{accélération}}) \right] \cdot \Pi_{\text{induit}}$$

Où :

- Le terme entre crochets représente la contribution des contraintes normales.
- $\Pi_{\text{induit}}$  représente la contribution des facteurs induits (aussi appelés surcharges accidentelles ou overstress) inhérents à un domaine d'application.

### 1.8.1. Contraintes réelles appliquées

Cet élément du modèle général englobe le taux de défaillance de base attribué à l'article, la contribution liée aux caractéristiques de la technologie employée, ainsi que les facteurs d'accélération permettant d'affecter à l'article les contraintes physiques qu'il subit lors de son utilisation opérationnelle.

$$\lambda_{\text{Physique}} = \left[ \sum_{\text{Contributions\_Physiques}} (\lambda_0 \cdot \Pi_{\text{accélération}}) \right] \cdot \Pi_{\text{induit}}$$

Où :

- $\lambda_0$  est le taux de défaillance de base de l'article.
- $\Pi_{\text{accélération}}$  est un facteur d'accélération traduisant la sensibilité aux conditions d'utilisation.

La prise en compte des caractéristiques technologiques d'un article se fait :

- Soit directement par le choix du  $\lambda_0$ .
- Soit par la présence de paramètres dans l'expression du  $\Pi_{\text{accélération}}$ .

Ces facteurs, et en particulier le facteur  $\Pi_{\text{accélération}}$ , sont déclinés pour chaque contrainte physique. Est appelée contrainte physique toute contrainte normalement appliquée au produit lors de son utilisation opérationnelle, y compris pour les aspects relevant de la conception. Les contraintes physiques sont regroupées en différentes familles :

- Thermique :  $\Pi_{\text{Thermique}}$
- Electrique :  $\Pi_{\text{Electrique}}$
- Cyclage thermique :  $\Pi_{\text{TCy}}$
- Mécanique :  $\Pi_{\text{Mécanique}}$
- Humidité :  $\Pi_{\text{RH}}$
- Chimique :  $\Pi_{\text{Chimique}}$

Les contributions de ces contraintes physiques sont en général additives. Pour certaines familles d'articles les contributions thermiques et électriques sont conjointes :

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$ .

### 1.8.2. Surcharges accidentelles : $\Pi_{\text{induit}}$

Les facteurs induits considérés sont d'origine mécanique (MOS), électrique (EOS) et thermique (TOS).

Le facteur  $\Pi_{\text{induit}}$  représente la contribution des surcharges accidentelles non répertoriées comme telles. Il se calcule pour chacune des phases du profil de vie.

Il est de la forme suivante :

$$\Pi_{\text{induit}-i} = \left( \Pi_{\text{placement}-i} \times \Pi_{\text{application}-i} \times \Pi_{\text{durcissement}} \right)^{0,51 \times \text{Ln}(C_{\text{sensibilité}})}$$

- $\Pi_{\text{Placement}}$  traduit l'influence du placement de l'article dans l'équipement ou le système. Le placement désigne ici la position de l'article ou la fonction dans laquelle il est intégré (interface ou non en particulier).
- $\Pi_{\text{Application}}$  traduit l'influence de l'environnement d'utilisation de l'application du produit contenant l'article. A titre d'exemple, l'exposition à un overstress mécanique est a priori plus importante dans une électronique intégrée dans un système mobile que dans un système à poste fixe. Ce facteur est variable en fonction de la phase du profil de vie.
- $\Pi_{\text{durcissement}}$  traduit l'influence de la politique de prise en compte des overstress dans le développement du produit.
- $C_{\text{sensibilité}}$  représente le coefficient de sensibilité aux overstress inhérent à la technologie de l'article considéré.
- $i$  est l'indice de la phase considérée.

La plage de variation théorique du facteur  $\Pi_{\text{induit}}$  est de 1 (pour le meilleur cas) à 100. Cependant, seule une partie réduite de cette plage est atteinte en pratique, les cas extrêmes n'étant jamais rencontrés simultanément.

## 1.9. Contributeurs processus

### 1.9.1. Le facteur fabrication composant

Le facteur  $\Pi_{PM}$  (PM pour Part Manufacturing) est un facteur représentatif de la qualité de l'article. La méthode d'évaluation se décline selon la nature de l'article considéré (composant électronique EEE, cartes assemblées, autres sous-ensembles).

Il est de la forme :

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

avec: 
$$\text{Part\_Grade} = \left[ \frac{(AQ_{\text{fabricant}} + AQ_{\text{article}} + AF_{\text{composant}}) \times \varepsilon}{36} \right]$$

La méthode d'évaluation prend en compte des critères d'assurance qualité du fabricant ( $AQ_{\text{fabricant}}$ ), d'assurance qualité de l'article ( $AQ_{\text{article}}$ ) et également l'expérience que l'acheteur de l'article peut avoir de son fournisseur ( $\varepsilon$ ).

$\delta_1$  et  $\alpha_1$  sont des facteurs de corrélation qui déterminent l'amplitude de l'impact du  $\Pi_{PM}$  sur la fiabilité de l'article.

Pour les composants actifs, le principe d'évaluation du facteur  $\Pi_{PM}$  prend également en compte les essais de qualification et de suivi périodique de fiabilité tant au niveau du boîtier que de la partie active : assurance fiabilité composant,  $AF_{\text{composant}}$ . Ces données se trouvent notamment dans les rapports de fiabilité (Reliability Reports) et les résultats d'audits.

La plage de variation du facteur  $\Pi_{PM}$  est de 0,5 (fournisseur supérieur à l'état de l'art) à 2 (le pire cas).

En l'absence d'évaluation du  $\Pi_{PM}$ , il est proposé une valeur par défaut de 1,7 pour les composants actifs et de 1,6 pour les autres composants, les cartes COTS et les sous-ensembles divers. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.

### 1.9.2. Le facteur $\Pi_{Process}$

Le facteur  $\Pi_{Process}$  est un facteur représentatif de la qualité et de la maîtrise technique de la fiabilité dans le cycle de vie du produit.

Il a pour objectif d'évaluer globalement la maturité de l'industriel sur sa maîtrise de son processus d'ingénierie fiabilité.

Il est de la forme :

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

Où le *Process\_grade* est la note reflétant cette maîtrise processus, et  $\delta_2$  un facteur de corrélation qui détermine la plage de variation du facteur  $\Pi_{Process}$ .

La méthode d'évaluation se base sur le niveau d'application de recommandations qui portent sur l'ensemble du cycle de vie. Le cycle de vie du produit est décomposé comme suit :

1. Spécification.
2. Conception.
3. Fabrication carte ou sous-ensemble (fabrication).
4. Intégration équipement (fabrication).
5. Intégration système (fabrication).
6. Exploitation et maintenance.

A ces cinq phases qui constituent un enchaînement temporel ont été adjointes un ensemble d'activités transverses :

7. Activités de support telles que qualité et ressources humaines.

Les recommandations ne prétendent pas être exhaustives, mais correspondent plus à un échantillonnage représentatif des bonnes pratiques pour l'amélioration de la fiabilité finale des produits.

La plage de variation du facteur  $\Pi_{Process}$  est de 1 (pour le meilleur processus) à 8 (pour le pire processus).

En l'absence d'évaluation du  $\Pi_{Process}$ , il est proposé une valeur par défaut de 4,0. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.



### 1.9.3. Remarque sur l'approvisionnement

L'approvisionnement d'un article correspond à une phase de vie située entre la sortie de l'usine de fabrication de l'article jusqu'au moment de son assemblage dans le produit (par exemple report sur une carte).

Dans les modèles FIDES il n'y a pas de facteur spécifique à l'approvisionnement.

L'influence sur la fiabilité de la phase d'approvisionnement est reconnue comme dépendant de :

- la politique d'achat de l'entreprise,
  - la politique de sélection de l'article (études technologiques réalisées en amont),
  - la politique de stockage, de déverminage, de manipulation et contrôle de l'article.
- Ces points sont concrétisés dans des recommandations dépendantes des phases du cycle de vie : *support*, *conception*, et *fabrication carte* (recommandations dont l'effet est considéré dans l'évaluation du  $\Pi_{Process}$ ) et dans le choix du facteur  $\epsilon$  du  $\Pi_{PM}$ .

La politique d'approvisionnement a aussi une influence indirecte sur les autres paramètres du  $\Pi_{PM}$ .

## **2. Profils de vie**

### **2.1. Principes de construction du profil de vie**

#### **2.1.1. Généralités**

L'élaboration du profil de vie pour une prévision de fiabilité nécessite de se questionner sur ce qui va causer les pannes du produit durant sa vie. Il s'agit d'une démarche d'ingénierie de la fiabilité. Elle est cruciale pour les évaluations de fiabilité car elle conditionne totalement la fidélité des prévisions.

Les modèles FIDES ont été conçus pour être sensibles aux contributeurs physiques. Lors de la construction du profil de vie, le fait de choisir des valeurs majorantes ou sévères par prudence conduit à enlever une grande part de la valeur prévisionnelle du résultat.

Le niveau de détail et de précision de la description du profil de vie peut être limité au niveau de précision avec lequel il est possible de prévoir la vie du produit.

#### **2.1.2. Description générale du profil de vie**

Pour en permettre la meilleure utilisation, le profil de vie doit d'abord être convenablement décrit d'un point de vue qualitatif.

Il convient en particulier d'identifier :

- Le type précis de plate-forme lorsque le produit est intégré dans un système.
- L'emplacement dans la plate-forme le cas échéant.
- La région géographique ou climatique considérée.
- Le type d'emploi.

Un maître d'ouvrage ou un maître d'œuvre doit construire un profil de vie de niveau système, par opposition à un profil de niveau équipement. Un profil de vie de niveau équipement est la déclinaison à un équipement d'un profil de vie système. Le profil de vie équipement doit prendre en compte les conditions locales internes à l'équipement et qui ne sont pas généralisables : les élévations de températures liées à l'équipement lui même, l'amortissement ou l'amplification du niveau vibratoire, d'éventuelles mesures dessicatives, et cetera.

#### **2.1.3. Choix des phases**

Le choix des phases doit permettre de décrire aussi complètement que possible les différentes situations d'emploi.

Pour permettre une bonne compréhension d'un profil de vie complexe il peut être utile qu'un paragraphe descriptif soit consacré à chaque phase. Au moins, pour la bonne compréhension, il est indispensable de donner un titre clair à chaque phase.

Il faut distinguer une phase spécifique chaque fois que les conditions environnementales changent significativement au niveau des contraintes rencontrées. Dans cette démarche il faut également prendre en compte le questionnaire sur l'application (relatif au facteur induit).

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

L'identification des situations d'emploi doit d'abord se faire au niveau du système et pas au niveau de l'équipement électronique. En effet, des changements de situation au niveau du système ont généralement un impact au niveau de l'équipement.

Le profil de vie de niveau équipement comprend a priori au moins autant de phases que le profil de vie de niveau système. Il est aussi possible que des changements puissent se produire au niveau de l'équipement alors qu'il n'y a pas de changement notable au niveau du système. Dans ce cas le profil de vie de niveau équipement distinguera plus de phases que le profil de vie système.

Il n'y a pas de méthode universelle pour le découpage en phases. Il est souvent pertinent de procéder par l'analyse des "journées types" d'utilisation du produit.

Dans certains cas il peut être utile de distinguer les saisons (un exemple est donné dans le profil de vie Hélicoptère VIP).

## **2.2. Durée des phases**

Il est recommandé de construire les profils de vie avec une durée totale de 1 an, soit 8760 heures. Dans le cas de la méthode FIDES, toutes les heures comptent : 24 heures par jour, 730 heures par mois (en moyenne), 8760 heures par an ; pour clarifier le terme "heure calendaire" est employé.

L'objectif est de produire des taux de défaillance exprimés en FIT calendaire (1 FIT représente une défaillance par  $10^9$  heures), dont l'usage est le plus large possible. Ce choix est recommandé par opposition à l'emploi de taux de défaillance exprimés "par heure de fonctionnement" ou "par heure de mission", qui peuvent être trompeurs.

La durée des phases doit être exprimée en heures.

Les durées doivent être choisies pour décrire de la façon la plus réaliste possible l'activité du produit.

## **2.3. Domaines d'applicabilité**

Pour chacun des contributeurs physiques traités par la méthode FIDES, il est proposé un domaine d'applicabilité. Les contributeurs physiques concernés sont :

- Température.
- Cyclage thermique.
- Humidité.
- Vibration.

De façon générale la prévision de fiabilité n'est applicable que dans le domaine d'environnement pour lequel le composant est qualifié. La qualification d'un composant à un environnement donné peut soit être garantie par le fournisseur soit obtenue par d'autres moyens. Dans tous les cas c'est un pré-requis.

---

### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Les domaines d'applicabilité proposés sont définis sur une base théorique. Le fait d'utiliser la méthodologie à l'intérieur de ces domaines ne constitue pas une garantie sur le résultat. De plus, même à l'intérieur du domaine d'applicabilité, le réalisme des prévisions faites avec la méthode FIDES pourrait se dégrader pour des conditions d'environnement les plus éloignées des conditions de références.

## 2.4. Température (contraintes thermique et thermoélectrique)

### 2.4.1. Physique des défaillances et modélisation

La loi d'Arrhenius est utilisée pour modéliser l'accélération apportée par la température à certains mécanismes de défaillance.

Le facteur d'accélération s'écrit :

$$AF = e^{\frac{E_a}{K_B} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

Avec :

- AF : facteur d'accélération ;
- $E_a$  : énergie d'activation ;
- $K_B$  : constante de Boltzmann = 8,617.10-5 eV/K ;
- $T_1$  : températures de référence ;
- $T_2$  : températures d'applications.

La prise en compte des mécanismes de défaillance activés par le fonctionnement électrique des composants se fait souvent en prenant en compte la dissipation thermique dans le calcul de la température d'application (par exemple température de jonction pour les composants actifs) et en ajoutant dans le modèle le ratio de la tension d'utilisation sur la tension nominale. Le facteur d'accélération devient par exemple :

$$AF = \left( \frac{1}{S_{référence}} \times \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \right)^p e^{11604 \times E_a \times \left[ \frac{1}{273 + T_0} - \frac{1}{(T_{ambiante} + 273)} \right]}$$

Avec :

- $T_{ambiante}$  : la température d'utilisation ;
- $T_0$  : la température de référence ;
- $V_{appliquée}$  : tension d'utilisation ;
- $V_{nominale}$  : tension nominale ;
- $S_{référence}$  : niveau de référence pour la contrainte électrique (stress) ;
- $p$  : puissance accélératrice pour la contrainte électrique ;
- La valeur de l'énergie d'activation  $E_a$  est fonction de la technologie considérée.

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

#### **2.4.2. Conditions de référence**

Les conditions de références sont :

- Une température  $T_0$  de 20°C.
- Un niveau de contrainte électrique défini en fonction des technologies lorsque nécessaire.

#### **2.4.3. Domaine d'applicabilité**

La prédiction de fiabilité n'est applicable que dans la gamme pour laquelle le composant est qualifié. La gamme théorique de température pour laquelle le Guide FIDES est applicable est :  $-55^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{ambiante}} \leq +125^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.4.4. Quantification des paramètres**

Les données d'entrée sont, pour chaque phase considérée :

- La température ambiante  $T$  (°C).
- L'état de fonctionnement ou non (dans la plupart des cas la contrainte thermique est annulée en non-fonctionnement).

Même si c'est un facteur commun avec les méthodes antérieures et en particulier la MIL-HDBK-217, la température ne doit pas être estimée de la même façon pour FIDES que pour la MIL-HDBK-217.

Pour la MIL-HDBK-217, la température était le seul facteur physique pris en compte. En conséquence, avec cette méthodologie ce facteur a souvent été utilisé pour ajuster la sévérité générale de l'environnement.

Le modèle physique de FIDES pour la température est en général plus sensible que dans les méthodes plus anciennes. Il convient donc de considérer une température réaliste. La démarche qui consiste à prendre une température forfaitaire majorante conduit inexorablement à des estimations majorantes.

La température à rentrer dans le modèle est la température ambiante de l'environnement. De façon générale, la température à considérer ici est la température du milieu dans lequel se trouve l'article étudié. Lorsque nécessaire, les modèles traitent explicitement de l'élévation de température de l'article par rapport à son milieu (en particulier les composants actifs, pour lesquels le modèle s'intéresse à la température de jonction).

Pour les évaluations de fiabilité au niveau composant, la température ambiante à considérer est la température ambiante autour de la carte électronique. Par exemple dans le cas d'une carte intégrée dans un équipement, c'est la température ambiante à l'intérieur de l'équipement qu'il faut prendre en compte. Dans une phase de fonctionnement, cette température doit comprendre l'élévation de température liée à la dissipation thermique des composants dans cette phase.

Les outils de simulation thermique permettent d'avoir une connaissance très approfondie des températures dans un équipement électronique dès les phases amont d'un développement. A partir de telles simulations des affinages sont possibles. En

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

particulier, lorsque la température dans un équipement n'est pas homogène et si cela reste cohérent avec la finesse attendue de l'analyse, il est possible d'adapter la température en fonction de la zone, en considérant une température différente pour chaque carte. Cette démarche permet d'utiliser FIDES comme un outil discriminant, également utile pour la conception de l'agencement interne d'un équipement électronique.

Pour les évaluations de fiabilité au niveau carte câblée, la même règle est à appliquer. Pour les évaluations de fiabilité des sous-ensembles autres que les cartes, c'est la température ambiante du milieu qu'il faut considérer. Les informations sur les élévations de température des sous-ensembles ne sont généralement pas directement accessibles et les modèles sont donc conçus pour s'en dispenser.

Pour une phase où la température évolue d'abord pour se stabiliser ensuite (cas usuel de l'échauffement après démarrage), il est en général représentatif de considérer la température stabilisée pour toute la phase. Pour une phase pendant laquelle la température est en évolution constante et ne se stabilise pas, la température à considérer n'est pas forcément la moyenne temporelle, en raison de l'influence non linéaire de la température. Dans ce cas la température représentative est plus élevée que la moyenne temporelle (un exemple est donné dans le profil de vie Hélicoptère VIP).

## 2.5. Cyclage thermique (contrainte thermomécanique)

Cette contrainte est associée aux cyclages en température du produit qu'il soit en mode fonctionnel ou dormant, en considérant les variations de température liées à son fonctionnement (marche/arrêt en particulier) et celles du milieu environnant (jour/nuit par exemple).

### 2.5.1. Physique des défaillances et modélisation

Le modèle de Norris-Landzberg est utilisé pour modéliser l'accélération apportée par les variations thermiques sur le mécanisme de fatigue. Ce modèle est un dérivé du modèle de Coffin-Manson habituellement utilisé pour la fatigue thermomécanique. Il permet de prendre en compte le fait que plus les cycles thermiques sont lents, plus ils sont endommageant, du fait de l'activation du phénomène de fluage (cas des brasures). Le modèle de Norris-Landzberg a été lui même modifié dans le cas du Guide FIDES, en particulier pour convertir de façon pertinente la prédiction habituelle du modèle (un nombre de cycle) en facteur d'accélération applicable à un taux de défaillance.

Le facteur d'accélération s'écrit :

$$AF = \left( \frac{24}{N_0} \times \frac{N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{\min(\theta_0, 2)} \right)^p \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{\Delta T_0} \right)^m \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{273 + T_0 + \Delta T_0} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$$

Avec :

- $N_{cy-annuel}$  : Nombre de cycles annuel ;

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

- $N_0$  : Nombre de cycles de référence ;
- $t_{\text{annuel}}$  : durée annuelle de la phase ;
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle en heures ;
- $\theta_0$  : durée du cycle de référence ;
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude thermique du cycle ;
- $\Delta T_0$  : amplitude thermique de référence du cycle ;
- la constante 1414 correspond à une énergie d'activation de 0,122eV ;  $1414 = 0,122/\text{KB}$ , KB constante de Boltzmann =  $8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$  ;
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : La température maximale atteinte pendant le cycle ;
- $T_0$  : température de référence ;
- $m$  : coefficient de fatigue, par exemple  $m=1,9$  pour la fatigue des brasures SnPb ;
- $p=1/3$ , puissance accélératrice du facteur de durée ;

Le modèle cyclage thermique ne traite pas les chocs thermiques.

### 2.5.2. Conditions de références

Les conditions de références sont :

- Une amplitude de cycle  $\Delta T_0$  de 20°C.
- Une fréquence de cycle  $N_0$  de 2 cycles par jour.
- Une durée de cycle  $\theta_0$  de 12 heures.
- Une température maximale  $T_{\text{max-cyclage}}$  (soit  $T_0 + \Delta T_0$ ) de 40°C.

### 2.5.3. Domaine d'applicabilité

La gamme théorique de cycle thermique pour laquelle le Guide FIDES est applicable est  $\Delta T_{\text{cyclage}} \leq 180^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max-cyclage}} \leq 125^\circ\text{C}$ , vitesse de transition thermique  $\leq 20^\circ\text{C} / \text{minute}$ .

### 2.5.4. Quantification des paramètres

Les données d'entrée sont, pour chaque phase considérée :

- L'amplitude du cycle en température  $\Delta T$  (°C).
- Le nombre de cycles associé sur une année (quantité).
- La durée d'un cycle  $\theta_{\text{cycle}}$  (en heure).
- La température maximale du cycle (°C).

Les températures considérées pour les cyclages thermiques doivent être les mêmes que celles décrites pour l'aspect température proprement dit.

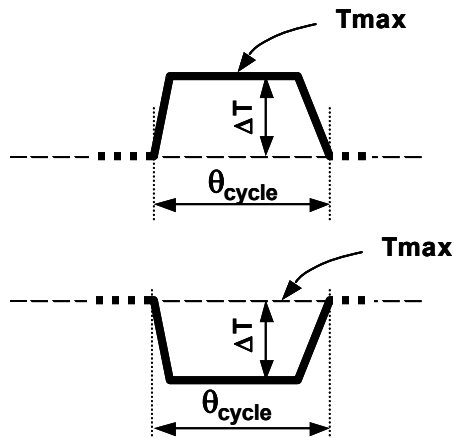
Les règles suivantes devraient être appliquées pour une bonne représentativité et une bonne reproductibilité de la description des cycles thermiques :

1. L'appréciation des cycles se fait à partir d'une température repère initiale du matériel ; état de repos (arrêt) par exemple.
2. Un cycle correspond généralement à un écart de température  $\Delta T$  par rapport à la température repère ; le temps de cycle  $\theta_{\text{cycle}}$  s'étend jusqu'à ce que l'on revienne à la température initiale.

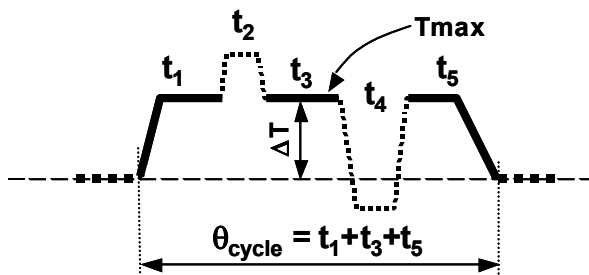
---

#### Groupe FIDES

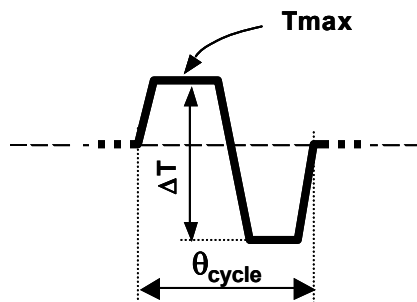
AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



3. Sur un cycle, d'autres cycles peuvent se superposer ou s'insérer ; dans ce cas, il y a lieu de défalquer les temps des sous-cycles de celui du cycle primaire auquel ils viennent se superposer.



4. Dans certains cas particuliers (faible amplitude thermique), on pourra considérer un cycle comme une variation de température autour d'une température moyenne (cas du cyclage jour/nuit par exemple).



5. Dans de nombreux cas,  $\theta_{\text{Cycle}} = \frac{\text{Temps calendaire}}{\text{Nombre de cycles annuel}}$ , mais c'est en général une simplification (un exemple est donné dans le profil de vie Hélicoptère VIP et dans le profil de vie Radio portable militaire).

6. Un cycle thermique doit correspondre à un phénomène identifié générant la contrainte. Par exemple : mise sous tension, montée en altitude, surchauffe liée à

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



un état système. Un cycle doit être considéré de façon intégrée et ne doit pas être scindé en plusieurs sous-cycles arbitraires, ne correspondant pas à une réalité temporelle d'une phase du profil.

7. Plusieurs cycles identiques peuvent se succéder dans une même phase. Dans ce cas, on dénombre le nombre de cycles identiques.

La bonne application des règles 3 et 6 citées ci-dessus est spécialement importante. La simple lecture du profil de température du produit sans prise en compte de la règle numéro 6 peut conduire à des confusions. L'application de la règle numéro 6 est prioritaire. A savoir :

- En premier lieu identifier quel est le phénomène qui provoque le cycle thermique. Par exemple :
  - Mise sous tension ; la fin du cycle doit donc correspondre à la mise hors tension.
  - Changement de phase de fonctionnement ; par exemple commutation d'une charge supplémentaire sur une alimentation.
  - Changement de la température de l'environnement ; cycle jour-nuit par exemple.
  - Changement lié au déplacement du système dans son environnement ; passage d'une zone climatisée à une zone non climatisée par exemple ; changement d'altitude pour un aéronef.
- Dans l'examen du profil de température en fonction du temps, il est important de repérer l'intégralité d'un cycle thermique, aussi bien la phase de changement de température qui initie le cycle que la phase de retour à la température initiale. En cas de cycles imbriqués, attention de ne pas associer un cycle par transition de température au lieu d'associer un cycle par aller-retour.
- Lorsqu'il y a superposition de cycles thermiques, appliquer les principes de décompte de la règle 3. Il est alors important de déterminer chaque cycle thermique indépendamment, en éliminant les autres cycles. La température de palier du premier cycle thermique devient la température de référence du suivant.

En général, le cycle thermique a un peu de retard sur l'événement qui le provoque (par exemple la mise hors tension ne ramène pas instantanément à la température ambiante). Selon le cas cet effet peut ou non être négligé.

## **2.6. Humidité relative**

### **2.6.1. Physique des défaillances et modélisation**

L'humidité relative (exprimée en %) est le rapport entre la pression de vapeur d'eau contenue dans l'air et la pression de vapeur saturante (qui dépend de la température de la masse d'air).

Le modèle de Peck est utilisé pour modéliser l'accélération apportée par le couple taux d'humidité-température sur certains mécanismes de défaillance.

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

$$AF = \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{RH_0} \right)^p \times e^{11604 \times Ea \times \left[ \frac{1}{273 + T_0} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$$

Avec :

- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité de l'environnement considéré ;
- $RH_0$  : taux d'humidité de référence ;
- $T_{\text{ambiante}}$  : température de l'environnement considéré ;
- $T_0$  : température de référence ;
- $Ea$  : énergie d'activation ;
- $p$  : puissance accélératrice pour cette contrainte.

### 2.6.2. Conditions de références

Les conditions de références sont :

- Une humidité relative  $RH_0$  de 70% ;
- Une température ambiante  $T_0$  de 20°C.

### 2.6.3. Domaine d'applicabilité

La gamme de validité théorique est de 0% à 100%.

Les cas de la condensation ou du givrage ne sont pas traités.

### 2.6.4. Quantification des paramètres

Les données d'entrée sont, pour chaque phase considérée :

- Le taux d'humidité relative  $RH$  (%).
- La température ambiante  $T$  (°C).
- L'état de fonctionnement ou non (dans la plupart des cas la contrainte humidité est annulée en fonctionnement).

La température est la même que celle décrite au paragraphe température.

Comme la température, le taux d'humidité varie selon les climats, il est important de prendre en compte un taux d'humidité représentatif du climat considéré.

Les documents STANAG 2895 et GAM EG13 donne des tableaux de valeurs minimales et maximales d'hygrométrie dans les différentes zones du monde et peuvent être exploité à défaut de meilleure information.

Dans l'estimation du taux d'humidité relative, il est important de prendre en compte le niveau d'humidité relative réellement vu par les composants. Par exemple, il faut considérer l'herméticité du produit, la possibilité d'emprisonnement d'humidité dans un boîtier hermétique ou le rôle de mesures dessicatives qui peuvent sensiblement diminuer le taux d'humidité subit par les composants par rapport à celui de l'environnement.

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Des moyens dessiccateurs sont parfois utilisés pour réduire le niveau d'humidité relative. Par exemple, en disposant des sachets de gel de silice d'une masse d'environ 1g dans un boîtier contenant moins de 10L d'air, l'humidité relative atteint une valeur en général inférieure à 10%. Le document DIN 55474 propose une méthode de calcul de la quantité de déshydratant en fonction de l'humidité finale tolérée (et de différents autres paramètres). Les produits déshydratants doivent être renouvelés quand leur pouvoir d'absorption est épuisé.

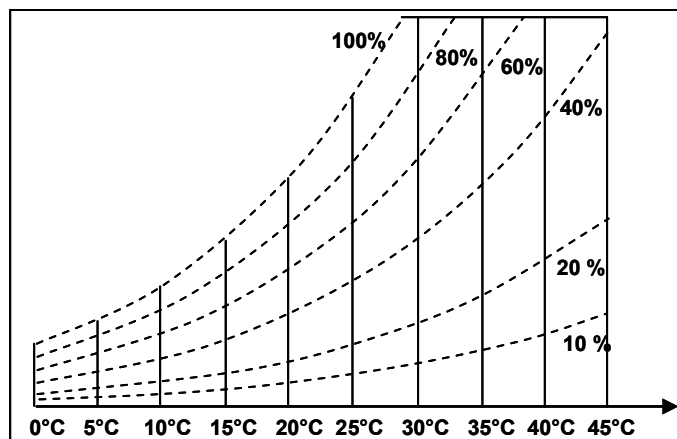
Il peut être nécessaire de prendre en compte la présence ou non d'une climatisation, qui souvent assèche l'air jusqu'à 30% ou 40% d'humidité relative (en-dessous de ces valeurs l'environnement est moins confortable pour l'homme).

Evolution de l'humidité en fonction de la température : A composition de l'air constante, le taux d'humidité décroît lorsque la température augmente. A l'intérieur d'un équipement en fonctionnement il y a généralement un échauffement de l'air qui conduit à une baisse du taux d'humidité vu par les composants.

A composition de l'air constante et en l'absence de condensation, l'évolution du RH en fonction de la température peut se calculer selon la formule :

$$RH_{\text{final}} = RH_{\text{initial}} \times e^{17,2694 \times \left[ \frac{T_{\text{initial}}}{238,3 + T_{\text{initial}}} - \frac{T_{\text{final}}}{238,3 + T_{\text{final}}} \right]}$$

L'évolution du RH en fonction de la température peut aussi être lue sur un diagramme hygrothermal.



Evolution de l'humidité en fonction de l'altitude : Le taux d'humidité varie en fonction de l'altitude. La tendance globale est une décroissance, le taux d'humidité devenant nul au delà de la troposphère. Néanmoins, cette évolution est très irrégulière et mal prévisible. Le taux d'humidité augmente en particulier dans les couches nuageuses. Il est simplificateur de considérer un taux d'humidité moyen indépendant de l'altitude.

Dans les profils de vie qui comprennent beaucoup de stockage, ce facteur humidité relative peut devenir prépondérant. Il faut alors apporter un soin aussi important à sa détermination qu'à celle de la température.

Note : l'influence de la température est plus forte en stockage (au travers de l'humidité) qu'en fonctionnement.

## 2.7. Niveau vibratoire (contrainte mécanique)

### 2.7.1. Physique des défaillances et modélisation

L'utilisation de la loi de Basquin permet de prendre en compte le fait que plus le niveau de vibration en utilisation est élevé, plus il y a un risque de panne sur les composants et les cartes électroniques. Les mécanismes de défaillance sont très divers, et ne sont pas toujours des mécanismes de fatigue pour lesquels la loi de Basquin est habituellement utilisée. Dans certains cas les vibrations vont révéler des faiblesses, comme par exemple des soudures sèches, des fissurations de pièces (substrat, boîtiers de composant...), des problèmes d'adhérence aux interfaces (défaut de collage, délaminations...). Dans le cas de défaut de type présence de particules métalliques dans un boîtier hermétique, les vibrations vont augmenter le risque de court-circuit par la mise en mouvement de ces particules. De plus dans le cas où le mécanisme est effectivement de la fatigue mécanique, les matériaux pouvant être dégradés par fatigue ou usure sont très variés (aluminium, cuivre, silicium, époxy, verre, céramique...).

$$AF = \left( \frac{G_{RMS}}{G_{RMS0}} \right)^p$$

Avec :

- $G_{RMS}$  : niveau de vibration efficace (Root Mean Square) dans l'environnement considéré ;
- $G_{RMS0}$  : niveau de vibration de référence.
- $p$  : puissance accélératrice pour la contrainte mécanique.

Le coefficient de la loi d'accélération tiré du modèle de Basquin, pour le modèle FIDES est choisi à  $p=1,5$ . Cette valeur est plutôt dans le bas de la fourchette des «coefficients de fatigue» usuellement rencontrés pour la loi de Basquin. L'utilisation du modèle mécanique FIDES en conjonction avec des modèles d'accélération utilisés pour des essais doit donc prendre cette caractéristique en considération.

Ce modèle mécanique ne traite pas les chocs.

### 2.7.2. Conditions de références

Les conditions de références sont :

- Un niveau vibratoire  $G_{RMS0}$  de  $0,5 G_{RMS}$ .

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 2.7.3. Domaine d'applicabilité

La gamme de validité théorique est  $G_{RMS} \leq 40 G_{RMS}$ .  
Les chocs ne sont pas traités.

### 2.7.4. Quantification des paramètres

La donnée d'entrée est, pour chaque phase considérée :

- Le niveau de vibration aléatoire exprimé en  $G_{RMS}$ .

Le niveau vibratoire doit être considéré dans le domaine de fréquences pertinent pour le produit considéré. Étant donné que les fréquences à prendre en compte sont variables le calcul doit se faire sur une bande de fréquence large (20-2000 KHz). L'axe de vibration auquel les cartes électroniques sont le plus sensibles est en général l'axe perpendiculaire au plan de la carte.

Pour faire de la physique des défaillances au niveau du composant, le niveau de vibration à prendre en compte serait celui vu par l'élément sollicité, comme par exemple :

- brasure d'un composant sur une carte,
- broche d'un composant piqué,
- soudure d'une lame à l'intérieur d'un relais,
- collage d'un microcomposant à l'intérieur d'un hybride.

Mais ce niveau de vibration dépend d'une multitude de facteurs :

- niveau de vibration en entrée de la carte électronique,
- amplification de la carte à l'endroit où est positionné le composant,
- fréquences des sollicitations par rapport aux modes propres de la carte,
- fréquence propre de l'élément sollicité (dans certain cas),
- ...

Étant donné qu'il n'est pas envisageable de prendre en compte tous ces paramètres dans une étude de fiabilité prévisionnelle, le paramétrage du modèle doit se faire avec le niveau d'entrée du produit (niveau vu par l'équipement ou par la carte). Il relève de la maîtrise de la fiabilité (aspects processus) de ne pas placer les composants les plus sensibles aux endroits les plus sévères d'une carte.

Le niveau à prendre en compte doit être le plus proche possible du niveau effectivement vu en utilisation.

La quantification du niveau de vibrations pour les études de fiabilité doit bien souvent se faire à partir de spécifications techniques, avant que les niveaux réels puissent être mesurés. Il ne faut pas utiliser sans précaution les niveaux de vibration spécifiés pour des essais. Ces niveaux sont souvent soit des niveaux correspondant à des essais accélérés ou durcis, soit les niveaux extrêmes auxquels le produit peut être confronté. Les bons niveaux à retenir sont les niveaux de vibration d'endurance, non accélérés, non durcis.

Une attention particulière est portée sur les confusions suivantes :

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

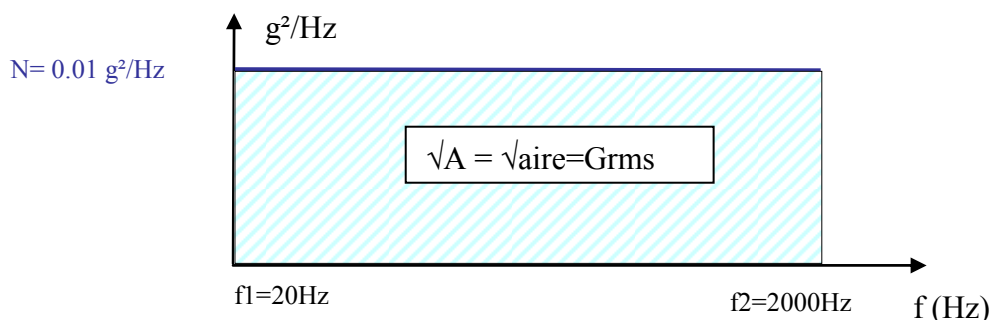
- Confusion entre niveau de vibration en entrée et niveau de vibration amplifié au niveau des composants de la carte électronique.
- Confusion entre les niveaux de qualification (en général majorants car durcis) et les niveaux typiques.
- Confusion entre des niveaux d'essais accélérés (par exemple de durée de vie) et des niveaux d'essais nominaux.

Le plus souvent les niveaux vibratoires sont donnés sous la forme de la densité spectrale de puissance (DSP ou PSD pour Power Spectral Density). Dans ce cas le niveau d'excitation en  $G_{RMS}$  peut être déterminé à partir de cette DSP. Le niveau de  $G_{RMS}$  est calculé comme la racine carrée de l'aire située sous la courbe du spectre de DSP.

Un exemple de calcul est proposé dans les paragraphes qui suivent.

### 2.7.5. Calcul du niveau de $G_{RMS}$ (ou accélération efficace) à partir de la densité spectrale de puissance

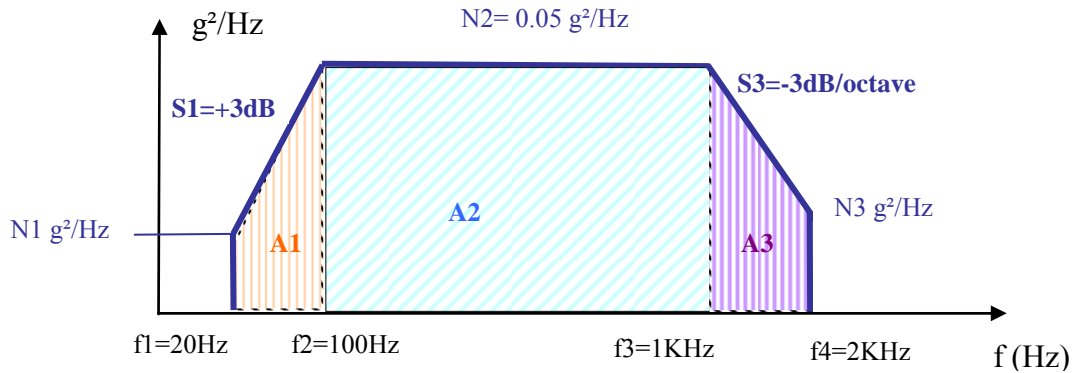
Pour un niveau d'excitation constant sur toute la bande de fréquence, le calcul de l'aire peut se faire directement.



$$G_{RMS} = \sqrt{A}$$

$$G_{RMS} = \sqrt{19,8} = 4,45$$

Dans le cas d'un spectre avec différents niveaux en fonction des bandes de fréquences, il faut décomposer l'aire totale comme sur l'exemple ci-dessous.



Lorsque la pente (slope) est différente de -3dB par octave :

$$A1 = \frac{3N2}{3+S1} \left( f2 - \left( \frac{f1}{f2} \right)^{S1/3} \times f1 \right) \text{ ou bien } A1 = \frac{3N1}{3+S1} \left( \left( \frac{f2}{f1} \right)^{S1/3} \times f2 - f1 \right)$$

$$A1 = \frac{3 \times 0.05}{3+3} \left( 100 - \left( \frac{20}{100} \right)^{3/3} \times 20 \right) = 2.4$$

Lorsque le niveau est constant sur une bande de fréquence :

$$A2 = N2(f3 - f2)$$

$$A2 = 0.05(1000 - 100) = 45$$

Lorsque la pente est de -3dB par octave :

$$A3 = f3 \times N2 \times \ln \left( \frac{f4}{f3} \right) \text{ ou bien } A3 = -f4 \times N3 \times \ln \left( \frac{f3}{f4} \right)$$

$$A3 = 1000 \times 0.05 \times \ln \left( \frac{2000}{1000} \right) = 34$$

Si la pente S3 n'est pas de -3dB par octave, A3 se calcule comme A1:

$$A3 = \frac{3N3}{3+S3} \left( f4 - \left( \frac{f3}{f4} \right)^{S3/3} \times f3 \right)$$

Finalement :

$$G_{RMS} = \sqrt{(A1 + A2 + A3)}$$

$$G_{RMS} = \sqrt{81.4} = 9$$

## 2.8. Contrainte chimique

### 2.8.1. Modélisation

La contrainte chimique est modélisée de façon qualitative, il n'y a pas de modèle physique pour cette contrainte. Dans certains modèles la contrainte chimique devient un facteur d'accélération d'autres contraintes physiques.

La contribution chimique sur la fiabilité du produit est exprimée via quatre contributeurs liés à l'utilisation du produit.

- Dans son environnement :
  - Salinité de l'environnement (salinité plus forte dans les environnements côtier ou marin).
  - Contribution chimique environnementale industrielle ou naturelle (pollution).
- Dans son système :
  - Contribution chimique due au placement du produit dans le système ou à la nature du système (pollution locale).
  - Niveau de protection du produit au sein du système, hermétique ou non (attention, il ne s'agit pas de l'herméticité des boîtiers de composant).

### 2.8.2. Quantification des paramètres

Les quatre critères sont décrits dans les tableaux suivants.

Niveau de pollution saline	Exemple
Faible	Région continentale
Fort	Région côtière

Niveau de pollution d'environnement	Exemple
Faible	Région rurale
Modéré	Région urbaine
Fort	Région urbaine et industrielle

Niveau de pollution d'application	Exemple
Faible	Zone habitée ou entretenue
Modéré	Zone inhabitée ou sans entretien
Fort	Zone moteur

Niveau de protection produit	Exemple
Hermétique	Protection hermétique
Non hermétique	Autres protections

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



## 2.9. Type d'application

Il s'agit d'un questionnaire permettant de déterminer le paramètre  $\Pi_{\text{application}}$  du facteur induit.

Différents critères permettent d'apprécier la sévérité d'une phase d'emploi en terme d'exposition aux overstress. Il y a trois niveaux par critère. L'évaluation de ces niveaux permet de calculer le paramètre  $\Pi_{\text{application}}$ . La méthode complète est détaillée dans les fiches de calcul. Les critères sont les suivants :

- Type d'utilisateur : Traduit le professionnalisme, le respect des procédures, le poids des contraintes opérationnelles.
- Qualification de l'utilisateur : Traduit le niveau de maîtrise de l'utilisateur ou de l'intervenant vis-à-vis d'un contexte opérationnel.
- Mobilité du système : Traduit les aléas liés aux possibilités de déplacement du système.
- Manipulation du produit : Traduit les risques de fausses manipulations, chocs, chutes...
- Type d'alimentation : Traduit le niveau de perturbation électrique attendu sur les alimentations et signaux : mises sous tension, commutation d'alimentation, connexion/déconnexion.
- Exposition à l'activité humaine : Traduit l'exposition aux aléas liés à l'activité humaine : choc, détournement de destination...
- Exposition aux perturbations de machines : Traduit les aléas liés aux fonctionnements de machines, moteurs, actionneurs tels que chocs, surchauffes, perturbations électriques, polluants agressifs.
- Exposition aux intempéries : Traduit l'exposition à la pluie, la grêle, le givre, le vent de sable, la foudre, la poussière...

La description complète d'un profil de vie doit comprendre les réponses à ce questionnaire.

La principale règle à respecter concernant la réponse à ces questions est de répondre à la question au bon niveau (niveau produit, niveau système).

Le point de vue à privilégier est décrit dans le tableau qui suit.

<b>Critères</b>	<b>Niveau</b>
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Système complet
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Utilisateur du produit dans le système complet
Mobilité du système	Système complet
Manipulation du produit	Produit
Type de réseau électrique du système	Système et produit

### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Critères	Niveau
Exposition du produit à l'activité humaine	Produit dans le système complet
Exposition du produit aux perturbations de machines	Produit dans le système complet
Exposition du produit aux intempéries	Produit dans le système complet

## 2.10. Sources des données

Les sources de données pour établir un profil de vie sont nombreuses. Les principales sources sont :

- Expression de besoin du client ou du systémier.
- Statistiques météorologiques et climatiques.
- Normes.
- Retour d'expérience.
- Résultats d'essais, de simulations.

Une difficulté dans l'exploitation des documents d'entrée peut provenir des confusions suivantes :

- La confusion entre les niveaux de qualification (qui sont des extrêmes) et les niveaux typiques (utiles pour la fiabilité).
- La confusion entre des niveaux d'essai et des niveaux spécifiés.
- La confusion entre des niveaux d'essais accélérés (de durée de vie) et des niveaux d'essais nominaux.
- L'hétérogénéité (voire le désaccord) entre les différentes références normatives.

## 2.11. Profil de vie standard

### 2.11.1. Principe

Le profil de vie standard est destiné à être employé tel quel pour donner une fiabilité de référence d'un produit, équipement ou sous-ensemble, proposé sur étagère (COTS).

Ce profil de vie ressemble à celui de l'utilisation d'un matériel électronique de bureau, mais il n'a pas pour objectif de décrire un cas d'emploi réel. Il a pour caractéristique d'être le plus proche possible des conditions de références pour chaque contributeur physique (il n'est pas possible d'être dans les conditions de référence de tous les contributeurs physique à la fois). Il décrit un environnement bénin.

### 2.11.2. Description

Ce profil de vie correspond à un produit utilisé 365 jours par an pendant 10 heures (soit 3650 heures par an) dans des conditions d'emploi de type bureau ou laboratoire. Lorsqu'il n'est pas employé (soit 14 heures par jour, 5110 heures par an) le produit est hors tension.

⇒ Dans un profil de vie réel, il faudrait considérer la durée et le nombre réels de mise sous tension.

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

A l'arrêt le produit est à une température moyenne de 20°C et subit un cyclage thermique jour/nuit modéré représentatif d'un bureau non climatisé (5°C autour de la valeur moyenne de 20°C).

⇒ Dans un profil de vie réel, il faudrait considérer les conditions climatiques appropriées. Lorsque le temps de non fonctionnement est prépondérant dans le profil de vie, il est important d'affiner le niveau des cycles thermiques jour/nuit.

En phase de fonctionnement le produit considéré subit une élévation de température de 20°C liée à sa puissance dissipée. Sa température ambiante est donc fixée à 40°C et un cyclage thermique d'amplitude 20°C est pris en compte. Le nombre de cycles correspond au nombre de mises sous tension, soit 365 pour ce profil. Remarque: La durée de fonctionnement est défalquée de la durée du cycle jour/nuit.

⇒ Dans un profil de vie réel, il faudrait considérer les élévations de température appropriées.

Le niveau d'humidité relative est considéré à 70% dans l'air ambiant à 20°C. Dans le produit en fonctionnement, compte tenu de l'échauffement, le RH tombe à 22%.

⇒ Dans un profil de vie réel il faudrait considérer les conditions climatiques appropriées. Lorsque le temps de non fonctionnement est prépondérant dans le profil de vie, il est important d'affiner le niveau de RH en stockage.

Le niveau vibratoire est considéré nul en non fonctionnement et modéré en fonctionnement.

⇒ Dans un profil de vie réel, il faudrait considérer les niveaux vibratoires appropriés. Lorsque le temps de non fonctionnement est prépondérant dans le profil de vie, il peut être important de vérifier l'existence d'un niveau vibratoire résiduel dans cette phase.

Le niveau de pollution est considéré comme faible pour ce produit. Le système n'est pas hermétique et le produit subit donc malgré tout une faible contrainte chimique.

⇒ Dans un profil de vie réel, il faudrait considérer les contraintes chimiques appropriées.

L'exposition aux surcharges accidentelles est fixée très faible pour ce profil de vie de référence. Un niveau aussi faible suppose en particulier un utilisateur qualifié et très respectueux des procédures.

⇒ Le facteur  $\Pi_{\text{application}}$  joue un rôle déterminant dans l'évaluation de la fiabilité. Il est très important de l'évaluer spécifiquement pour chaque profil de vie et de le décliner pour chaque phase.

**2.11.3. Table**

Profil de vie standard														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)													
Arrêt	5 110	Off	20	70	5	365	14	23	0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	1
Marche	3 650	On	40	22	20	365	10	40	0,5	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	1,9

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3. Exemples de profil de vie

La finesse de la description du profil de vie du produit au sein d'un système opérationnel conditionne la justesse de l'évaluation de fiabilité. Aussi, cette étape de l'analyse prévisionnelle devra être menée avec le plus grand soin. Les exemples de profils de vie présentés ici illustrent les règles de construction données au chapitre précédent. Ils ne sont pas proposés pour être utilisés directement. Ils doivent être considérés comme des bases de départ qu'il convient d'adapter.

#### 3.1. Profil de vie d'un calculateur de navigation embarqué sur un hélicoptère

Il existe différentes méthodes possibles pour élaborer un profil de vie. L'exemple du profil de vie d'un calculateur de navigation embarqué sur un hélicoptère VIP (Very Important Person) illustre en particulier la méthode «de séquençement en journées type».

De plus l'exemple proposé ici détaille comment choisir et construire les phases du profil de vie à partir du séquençement de la vie du système. Cette démarche permet de bien assurer la reproductibilité de construction du profil de vie et en particulier pour la détermination des aspects temporels et climatiques du profil de vie.

##### 3.1.1. Quantification des données temporelles

###### Séquençement d'une année

Principe : Identifier les journées types différentes vécues par le système et quantifier leur occurrence dans l'année.

L'hélicoptère VIP vit deux journées différentes :

- Une journée de « Fonctionnement », 100 jours par an.
- Une journée de « Non Fonctionnement », 265 jours par an.

Remarque : Le climat est un paramètre qui peut jouer un rôle dans cette identification. En effet, pour accroître la précision du profil de vie et donc de la prévision, on peut différencier les journées types en fonction de la variation de la température extérieure. Dans le cas d'application cité, en considérant un climat tempéré dont les variations de température extérieure et/ou d'humidité au cours d'une année sont significatifs, il peut être pertinent, pour augmenter la précision des prévisions, de diviser chaque journée type en 3 :

- une journée « fonctionnement - hiver », pendant 3 mois soit  $100 \times 3 / 12 = 25$  j/ an
- une journée « fonctionnement - intersaison », 6 mois soit  $100 \times 6 / 12 = 50$  j/ an
- une journée « fonctionnement - été », 25 j/ an
- une journée « non fonctionnement - hiver »,  $265 \times 3 / 12 = 66$  j/ an
- une journée « non fonctionnement - intersaison », 133 j/an
- une journée « non fonctionnement - été », 66 j/ an

Ce découpage plus fin qui permet de prendre en compte des températures extérieures appliquée plus proches de la réalité peut être justifié (ou non) en évaluant a posteriori l'importance de l'écart de prévision finale entre le profil détaillé et le profil simplifié.

### **Séquencement des journées**

Principe : Séquencer chaque journée type identifiée en étapes chronologique dans chacune desquelles les contraintes extérieures (températures, vibration, humidité, pollution, type d'application) peuvent être supposées constantes. Pour cela, il s'agit d'identifier les événements de la journée qui génèrent une modification de ces contraintes extérieures.

La journée commence alors que l'hélicoptère est en phase « parking ». Un hélicoptère VIP réalise en moyenne deux vols (un vol aller et un vol retour) par jour de fonctionnement. Chaque vol voit l'enchaînement des événements suivants :

- Evènement 1 : « Allumage du calculateur de navigation » (modification du stress thermique)
  - Evènement 2 : « Démarrage du moteur » (modification du stress vibratoire)
  - Evènement 3 : « Décollage » (modification du stress vibratoire et thermique)
  - Evènement 4 : « Atterrissage » (modification du stress vibratoire et thermique)
  - Evènement 5 : « Arrêt du moteur » (modification du stress vibratoire)
  - Evènement 6 : « Extinction du calculateur » (modification du stress thermique)
- Et retour en phase parking.

Il y a donc 7 étapes séparées par les 6 événements :

<b>Evènement</b>		<b>Etapes</b>	
1	Allumage du calculateur de navigation	1	Parking
		2	Tests avant vol des systèmes électroniques
2	Démarrage du moteur	3	Préparation au décollage
		4	Vol aller
3	Décollage	5	Sol - Moteur On
		6	Tests après vol des systèmes électroniques
4	Atterrissage	7	Parking
5	Arrêt du moteur		
6	Eteinte du calculateur		

Cette chronologie s'opère deux fois par journée de fonctionnement (vol aller puis vol retour).

Pour la journée de « non fonctionnement », il n'y a aucun événement à considérer sinon la variation de température extérieure au cours de la journée. Il y a donc une seule phase : Parking.

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### Quantification de la durée des étapes

Principe : Recueillir ou prévoir la durée moyenne de chaque étape identifiée.

Journée Non Fonctionnement :

Etapas		Durée
1	Parking	1440 minutes

Journée Fonctionnement :

Etapas		Durée
1	Parking	
2	Tests des systèmes électroniques 1	1 minute
3	Préparation au décollage 1	11 minutes
4	Vol 1	60 minutes
5	Sol - Moteur On 1	3 minutes
6	Tests puis Arrêt des systèmes 1	1 minute
7	Parking	
8	Tests des systèmes électroniques 2	1 minute
9	Préparation au décollage 2	11 minutes
10	Vol 2	60 minutes
11	Sol - Moteur On 2	3 minutes
12	Tests puis Arrêt des systèmes 2	1 minute
13	Parking	

### Regroupement des étapes en phases

Principe : Le regroupement des étapes se fait en trois temps.

1. Identification des cycles d'utilisation.  
Pour cela, il faut tout d'abord, pour chaque journée type, identifier les étapes dans lesquelles l'équipement retrouve la situation de vie initiale. En général, la situation de vie initiale correspond au repos du système.
2. Identification des variations de contraintes extérieures et des causes de variation.  
Pour chaque étape, il s'agit d'identifier les variations de contraintes (thermiques, vibratoire, humidité, chimique ou type d'application) par rapport à ceux de la situation de vie initiale (qui fait référence) ainsi que les causes qui en sont à l'origine.
3. Identification des phases à regrouper.  
Les phases à regrouper sont celles situées à l'intérieur d'un même cycle d'utilisation et dont les causes générant les stress extérieurs sont identiques.

De plus, deux étapes peuvent être regroupées (à des fins de simplification du profil de vie) si l'impact sur le résultat final de la prédiction peut être anticipé comme non significatif. Ceci peut être le cas si :

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

- L'écart entre les stress extérieurs subis par l'équipement dans ces deux situations est faible.
- La durée de l'une des situations est suffisamment faible pour que l'impact devienne négligeable suite à la pondération temporelle.

**Hélicoptère VIP :**
**1. Identification des cycles d'utilisation.**

La situation de vie initiale de l'équipement est l'étape « Parking ». Il y a, dans la journée fonctionnement, trois étapes de ce type qui délimitent les cycles d'utilisation : les étapes 1, 7 et 13. En conséquence, il y a dans cette journée, deux cycles d'utilisation : un premier cycle d'utilisation de la phase 2 à la phase 6 (le premier vol) et un second cycle d'utilisation de la phase 8 à la phase 12 (le deuxième vol).

**2. Identification des variations de contraintes extérieures et des causes de variation.**

Le tableau qui suit décrit les variations et leurs causes pour la journée de fonctionnement.

Etapes	Variation de stress par rapport à la phase Parking	Causes de variation
1 Parking	Aucun	Aucun
2 Tests avant vol des systèmes électroniques 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> </ul>
3 Préparation au décollage 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (au sol)</li> </ul>
4 Vol 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (en vol)</li> <li>◆ Refroidissement du à la prise d'altitude</li> </ul>
5 Sol - Moteur On 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (au sol)</li> </ul>
6 Tests après vol des systèmes électroniques 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> </ul>
7 Parking	Aucun	Aucun
8 Tests avant vol des systèmes électroniques 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> </ul>
9 Préparation au décollage 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (au sol)</li> </ul>
10 Vol 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (en vol)</li> <li>◆ Refroidissement du à la prise d'altitude</li> </ul>

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



Etapas		Variation de stress par rapport à la phase Parking	Causes de variation
11	Sol - Moteur On 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ Humidité</li> <li>▪ Vibratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> <li>◆ Vibrations générées par le moteur (au sol)</li> </ul>
12	Tests après vol des systèmes électroniques 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Thermique</li> <li>▪ humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Dissipation thermique des équipements de la zone</li> </ul>
13	Parking	Aucun	Aucun

Le stress « humidité » varie avec le stress « thermique » car l'échauffement de l'air provoque son assèchement.

### 3. Regroupement en phases.

Les étapes (2 et 6), (8 et 12), (3 et 5), (9 et 11), appartiennent deux à deux au même cycle de fonctionnement et présentent des causes de variation de stress identiques. En conséquence elles doivent être regroupées. De la même manière, les phases parking doivent être regroupées. Il devient alors possible de constituer le profil de vie FIDES, composé de 8 phases, comme le montre les tableaux qui suivent.

Journée Non Fonctionnement :

Phase	Durée
1	Off-24h
	1440 minutes

Journée Fonctionnement :

Phase	Durée
1-7-13	Parking fonctionnement
	le reste
2-6	Tests des systèmes électroniques 1
	1 + 1 = 2 minutes
3-5	Préparation au décollage 1
	11 + 3 = 14 minutes
4	Vol 1
	60 minutes
8-12	Tests des systèmes électroniques 2
	1 + 1 = 2 minutes
9-11	Préparation au décollage 2
	11 + 3 = 14 minutes
10	Vol 2
	60 minutes

De plus, les étapes 2-6, et 8-12 se réalisent sur des durées très faibles (2 minutes), il est donc possible d'anticiper la faiblesse de leur impact et donc de les regrouper : l'étape 2 dans l'étape 3 et la 8 dans la 9.

Donc les phases du profil de vie FIDES simplifié sont celles du tableau qui suit.

Journée Non Fonctionnement :

Phase	Durée
1	Off-24h
	1440 minutes

Journée Fonctionnement :

Phase	Durée
1	Off
	1440 - 152 = 1288 minutes
3	Sol-On1
	16 minutes

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Phase		Durée
4	Vol1	60 minutes
9	Sol-On2	16 minutes
10	Vol2	60 minutes

### Calcul des durées des phases

Pour finir, il s'agit de calculer le temps passé par an ( $t_{\text{annuel\_phase}}$ ) dans chacune des phases identifiées en multipliant la durée journalière des phases par leur occurrence annuelle.

Phase	Durée journalière	Nb de jours par an	$t_{\text{annuel\_phase}}$
Off - 24h	1440 minutes	265	6360 h
Off	1288 minutes	100	2 146 h
Sol-On1	16 minutes	100	27h
Vol1	60 minutes	100	100h
Sol-On2	16 minutes	100	27h
Vol2	60 minutes	100	100h

### 3.1.2. Quantification des données thermiques

Les températures ambiantes composant, sont établie à partir des graphes de température journaliers des équipements. Pour cela, trois types de données d'entrée sont nécessaires :

- Données climatiques : La température et le taux d'humidité extérieurs au système. Ceux-ci varient en fonction du climat de la zone géographique d'opération.
- Donnée de zone : les données relatives à la zone du système contenant l'équipement, permettant de déterminer la variation de température par rapport à la température extérieure que va subir la zone dans les différentes phases du profil de vie.
- Données équipement : les données relatives à l'équipement afin de déterminer son échauffement interne par rapport à la température de la zone dû à sa dissipation et/ou, le cas échéant, son herméticité aux contraintes d'humidité et chimiques.

Pour le calcul de la  $T_{\text{ambiante}}$ , il y a deux cas possibles :

- 1<sup>er</sup> cas : Dans la phase considérée, la température varie d'une température initiale à une température finale stabilisée. Alors, la température ambiante à considérer est cette température finale stabilisée. Cependant si la phase est de trop courte durée pour que la température ait le temps de se stabiliser, la température à considérer peut être estimée par exemple à 70% de la valeur finale atteinte (non stabilisée) dans cette phase.
- 2<sup>ème</sup> cas: Dans la phase considérée, la température varie autour d'une valeur moyenne. Alors, la température ambiante à considérer est cette température moyenne.

#### Groupe FIDES

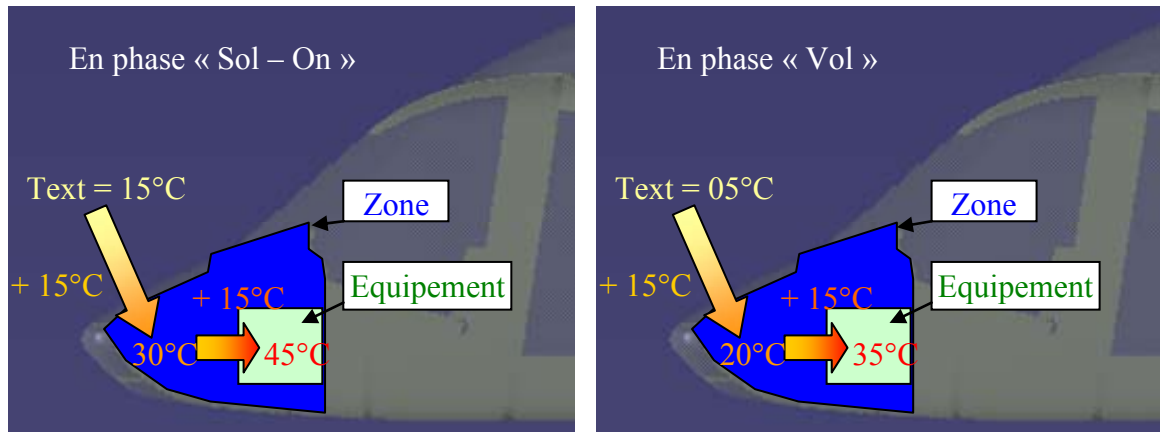
AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Remarque :

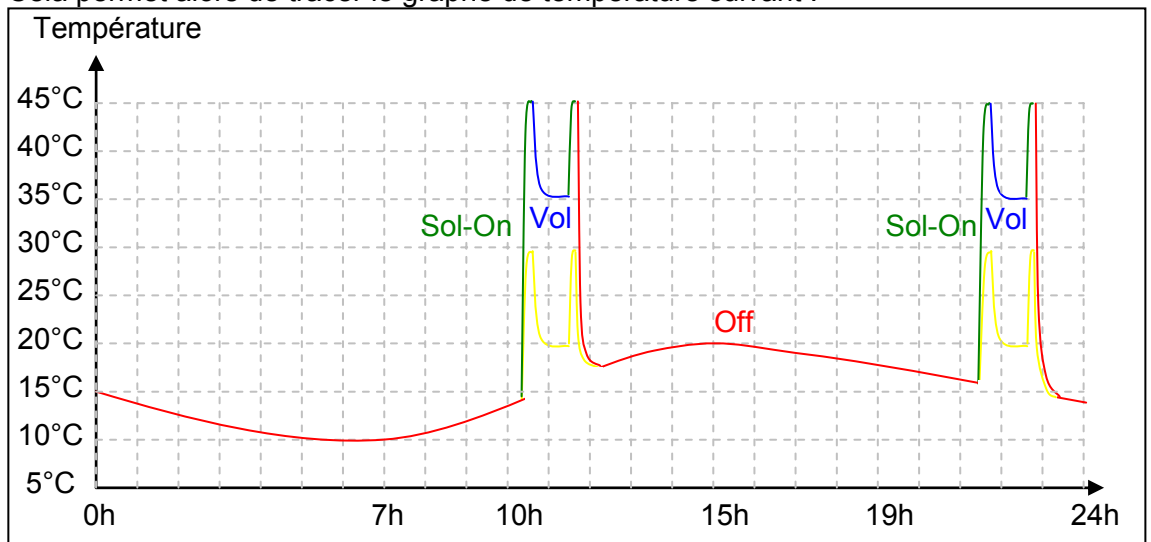
- La température extérieure varie en fonction de l'altitude.
- La température de la zone peut être affectée par l'échauffement cinétique.

Hélicoptère VIP :

- Données climatiques : La température extérieure moyenne considérée est de 15°C et la variation jour / nuit de 10°C.
- Données de zone : Lorsque les équipements de la zone contenant le calculateur de navigation sont allumés, leur dissipation totale crée un échauffement de la zone de 15°C qui est atteint en 5 minutes. En vol, la prise d'altitude étant de 1500 m en moyenne, cela engendre un refroidissement de la température extérieure et donc de la zone de 10°C. L'échauffement cinétique n'est pas significatif.
- Données équipement : La dissipation propre du calculateur génère un échauffement de l'équipement de 15°C atteint en 3 minutes.



Cela permet alors de tracer le graphe de température suivant :



**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

La courbe rouge représente la température ambiante extérieure au système en phase parking.

La courbe jaune représente la température de la zone du système.

Les autres courbes (verte, bleue) représentent la température interne de l'équipement dans les différentes phases.

Il est alors possible de quantifier la  $T_{\text{ambiante}}$  de chaque phase du profil de vie :

- Parking (courbe rouge) : Sur 24h, la température varie de 10 à 20 °C avec une moyenne de 15°C sans jamais se stabiliser. Dans ce cas  **$T_{\text{amb}} = 15^{\circ}\text{C}$** .
- Sol-On 1 (courbe verte) : La température part de 15°C augmente de 30 °C (zone +15°C et équipement +15°C) pour essayer d'atteindre les 45°C. Cependant, la température n'a pas le temps de se stabiliser, la température considérée pour cette phase est calculée comme étant  $15^{\circ}\text{C} + 0,70 \times 30^{\circ}\text{C} = 36^{\circ}\text{C}$ . Donc  **$T_{\text{amb}} = 36^{\circ}\text{C}$** .
- Vol (courbe bleue): la température composant chute de 10°C en raison de la prise d'altitude et se stabilise à 35°C.  **$T_{\text{amb}} = 35^{\circ}\text{C}$** .

### 3.1.3. Quantification des données de cyclage thermique

Le calcul des données de cyclage thermique ( $\Delta T$ ,  $T_{\text{max-cyclage}}$ ,  $N_{\text{cy}}$  et  $\theta_{\text{cy}}$ ) nécessite deux étapes :

- L'identification des cycles thermiques. Un cycle thermique commence avec l'arrivée d'un événement perturbateur qui génère une variation de température et s'achève lorsque cette perturbation n'agit plus et après retour à sa température initiale. En conséquence, chaque cycle thermique correspond à une phase du profil de vie élaboré en 1.4.
- Le tracé des cycles thermiques sur les graphes de températures qui permet la quantification des données de cyclage thermique.

Remarques :

- Le temps que met le système à retrouver sa température initiale est compris dans le temps du cycle :  $\theta_{\text{cy}}$ . En conséquence, le cycle thermique d'une phase peut déborder sur la phase suivante en raison de l'inertie thermique du système.
- Il est possible qu'à une phase du profil de vie ne corresponde aucun cycle thermique, si la création de cette phase est de cause non thermique. Alors les données de cyclage thermique pour cette phase seront de valeurs nulles.

Hélicoptère VIP :

1. Identification des cycles thermiques.

En reprenant l'enchaînement des phases formalisé dans le tableau 4, et en ne conservant que les causes de variation thermique, il devient possible d'identifier les cycles thermiques associés à chacune des phases du profil de vie.

Phase	Evènements perturbateur générant un cyclage thermique	Causes de cyclage thermique
Off - 24h	Variation jour / nuit	- Echauffement de la $T^{\circ}$ extérieure par le soleil
Off	Variation jour / nuit	- Echauffement de la $T^{\circ}$ extérieure par le soleil

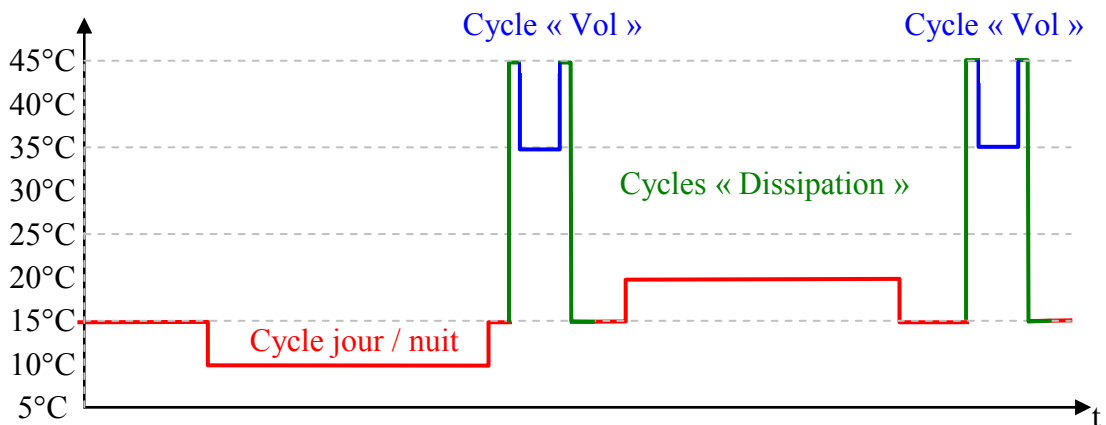
#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Phase	Evènements perturbateur générant un cyclage thermique	Causes de cyclage thermique
Sol-On1	Allumage / Eteinte des systèmes électroniques	- Dissipation thermique des équipements
Vol1	Décollage / atterrissage	- Dissipation thermique des équipements - Variation d'altitude
Sol-On2	Allumage / Eteinte des systèmes électroniques	- Dissipation thermique des équipements
Vol2	Décollage / atterrissage	- Dissipation thermique des équipements - Refroidissement dû à la prise d'altitude

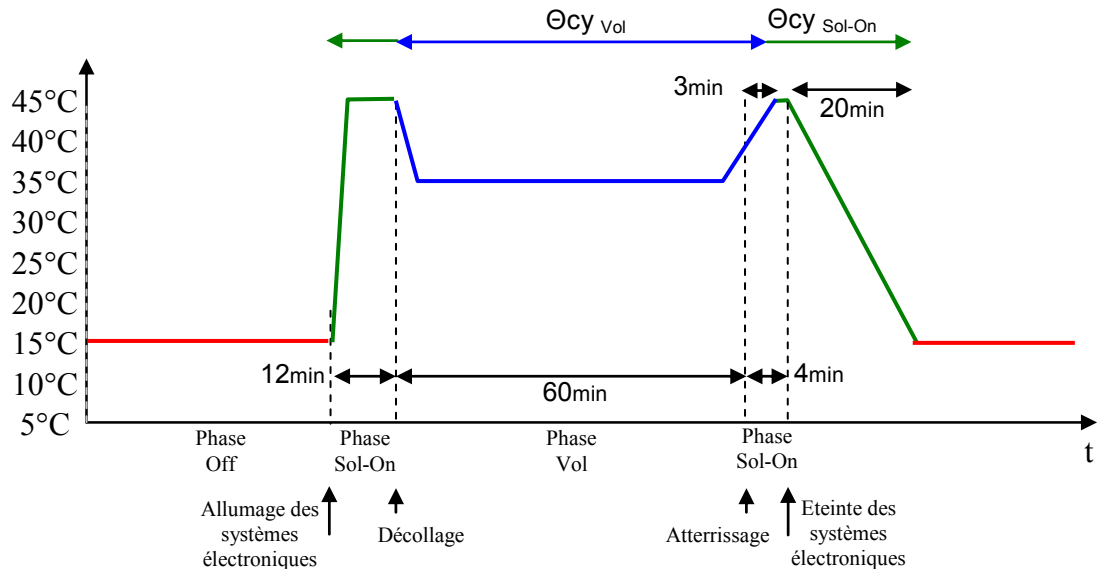
## 2. Tracé des cycles thermiques.

En reprenant le spectre de température de la journée « fonctionnement », il devient alors possible de lui superposer les cycles thermiques.



Données d'inertie thermique :

- Une fois au sol, le temps de retour à la température initiale de 45°C est estimé à 3 minutes.
- Une fois les équipements éteints, le temps de retour à la température initiale de 15°C est estimé à 20 minutes.



Il devient possible de quantifier la durée des cycles thermiques : les  $\Theta_{cy}$ .

Cette figure montre qu'en raison du temps que mets la température à revenir à sa valeur initiale, les durées des cycles thermiques débordent sur la phase suivante. Ainsi,

$$\Theta_{cy}(Vol) = 60 + 3 = 63 \text{ min}$$

$$\Theta_{cy}(Sol-On) = 12 + 4 + 20 - 3 = 33 \text{ min}$$

Le cycle « Vol » en bleu commence avec l'évènement « décollage ». Ce cycle comprend une partie du temps passé en « Sol-On » à remonter jusqu'à 45°C car le cycle s'achève lorsqu'il y a retour à la température initiale.

- $T_{max\_cyclage} = 45^\circ\text{C}$
- $\Delta T = T_{max} - T_{min} = 10^\circ\text{C}$
- $N_{cy} = 100$  cycles par an
- $\Theta_{cy} = 60 + 3$  minutes = 63 minutes = 1,05 h (comprend le temps de retour à 45°C en phase Sol-On)

Le cycle « Dissipation » commence avec l'évènement « Allumage des systèmes électroniques », est coupé par le cycle « vol », puis reprend jusqu'à retour à sa température initiale de 15°C.

- $T_{max\_cyclage} = 45^\circ\text{C}$
- $\Delta T = 30^\circ\text{C}$
- $N_{cy} = 100$  cycles par an
- $\Theta_{cy} = 12 + 4 + 20 - 3 = 33$  min = 0,55 h (comprend le temps de retour à 15°C en phase parking et ne comprend pas les 3 minutes absorbées par le cycle « vol »)

Le cycle « jour / nuit » en rouge constitue le reste du temps.

- $T_{max\_cyclage} = 20^\circ\text{C}$
- $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
- $N_{cy} = 100$  cycles par an
- $\Theta_{cy} = 24 - 2 \times 1,05 - 2 \times 0,55 = 20,8$  h (sont soustraits des 24 heures le cumul des temps des 4 autres cycles considérés)

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**3.1.4. Quantification des données d'humidité**

Pour le calcul du taux d'humidité à considérer dans le profil de vie FIDES, il faut connaître :

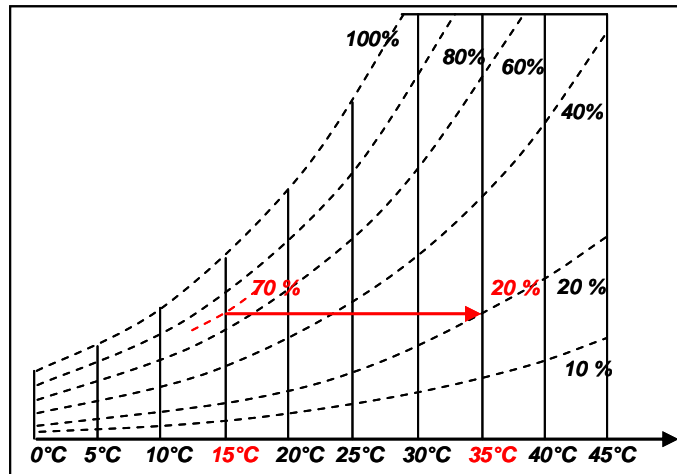
- Le taux d'humidité relative extérieur à l'équipement.
- La température extérieure à l'équipement.
- L'échauffement interne de l'équipement.

Hélicoptère VIP :

En phase parking un taux d'humidité moyen en climat tempéré de 70% à 15°C est considéré.

La température ambiante résultant de l'échauffement généré par la dissipation des équipements est de 36°C en Sol-On et 35 °C en Vol.

L'abaque permet alors de calculer que l'humidité résultante de cet assèchement est de 20%.



**3.1.5. Exposition aux surcharges accidentelles (facteur d'application)**

Le facteur d'application a été établi de la façon suivante :

Critères	Niveau pour la phase Parking	Niveau pour les phases Sol-On	Niveau pour les phases Vol
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Modéré (respect général des règles)	Modéré (respect général des règles)	Modéré (respect général des règles)
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Modéré	Modéré	Favorable (pilote)
Mobilité du système	Faible	Faible	Sévère
Manipulation du produit	Favorable (produit non manipulé)	Favorable (produit non manipulé)	Favorable (produit non manipulé)

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Critères	Niveau pour la phase Parking	Niveau pour les phases Sol-On	Niveau pour les phases Vol
Type de réseau électrique du système	Favorable (non alimenté)	Sévère (réseau perturbé)	Modéré (réseau peu perturbé)
Exposition du produit à l'activité humaine	Modéré (maintenance par exemple)	Faible	Faible
Exposition du produit aux perturbations de machines	Faible	Modéré (exposition indirecte)	Modéré (exposition indirecte)
Exposition du produit aux intempéries	Modéré (exposition indirecte)	Modéré (exposition indirecte)	Modéré (exposition indirecte)
<b>Valeur de <math>\Pi_{\text{application}}</math></b>	<b>2,33</b>	<b>2,71</b>	<b>2,51</b>

### 3.1.6. Simplification et finalisation du profil de vie FIDES

Deux lignes du profil de vie ont le même impact sur la fiabilité si :

- Elles présentent les mêmes valeurs de contrainte physique.
- Elles présentent les mêmes critères de pollution chimique.
- Elles présentent les mêmes valeurs de  $\Pi_{\text{application}}$ .

Alors, les deux lignes peuvent être fusionnées en une seule qui aura

- Les valeurs de contrainte physique communes aux deux lignes fusionnées ou une moyenne pondérée par la durée (en cas de petits écarts).
- Pour la durée de cycle, la moyenne pondérée par le nombre de cycles (toujours si les écarts sont petits, sinon il n'est pas fondé de regrouper).
- Un  $t_{\text{annuel phase}}$  de valeur la somme des deux  $t_{\text{annuel phase}}$  des lignes fusionnées
- Un  $N_{\text{cy}}$  de valeur la somme des deux  $N_{\text{cy}}$  des lignes fusionnées

Hélicoptère VIP :

En considérant un niveau de vibration de 0,5 Grms en Sol-On et de 6 Grms en Vol, un  $\Pi_{\text{application}}$  calculé dans les conditions d'un hélicoptère VIP, ainsi que le niveau chimique :

- Pollution Saline : faible,
- Pollution d'environnement : modéré
- Pollution d'application : modéré
- Equipement : non hermétique

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



**3.1.7. Table**

Hélicoptère - Calculateur de navigation embarqué - Utilisation VIP														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)		(°C)	(%)	(°C)	(/an)	(heures)	(°C)	(Grms)					
Off -24h	6360	Off	15	70	10	265	24	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Off	2146	Off	15	70	10	100	20,6	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Sol-On 1	27	On	36	20	30	100	0,6	45	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,71
Vol 1	100	On	35	20	10	100	1,1	45	6	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,51
Sol-On2	27	On	36	20	30	100	0,6	45	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,71
Vol 2	100	On	35	20	10	100	1,1	45	6	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,51

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Le profil de vie précédent peut être simplifié sans modification sensible du résultat final par fusion des lignes qui décrivent des contraintes similaires :

Hélicoptère - Calculateur en baie avionique - Utilisation VIP - Climat tempéré (température extérieure de 15°C)														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)		(°C)	(%)	(°C)	(/an)	(heures)	(°C)	(Grms)					
Off	8506	Off	15	70	10	365	23,1	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Sol-On	54	On	36	20	30	200	0,6	45	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,71
Vol	200	On	35	20	10	200	1,1	45	6	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,51

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Sur le principe de construction du profil de vie précédent, il est possible de construire les profils de vie de différents équipements pour différentes utilisations d'un même hélicoptère.

Influence du climat.

Le profil qui suit s'applique au même produit que le précédent mais considère un climat tropical. Pour mettre en exergue l'influence du climat, ce profil décompose l'année en trois saisons.

Hélicoptère - Calculateur en baie avionique - Utilisation VIP - Climat tropical														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)		(°C)	(%)	(°C)	(/an)	(heures)	(°C)	(Grms)					
Ete Off	2 127	off	30	90	12	91	23,1	36	0,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,33
Ete Sol-On	13	on	51	35	30	50	0,6	60	0,5	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,71
Ete Vol	50	on	50	35	10	50	1,1	60	6,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,51
Intersaison Off	4 253	off	25	90	12	183	23,1	31	0,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,33
Intersaison Sol-On	27	on	46	35	30	100	0,6	55	0,5	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,71
Intersaison Vol	100	on	45	35	10	100	1,1	55	6,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,51
Hiver Off	2 127	off	17	90	12	91	23,1	23	0,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,33
Hiver Sol-On	13	on	38	35	30	50	0,6	47	0,5	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,71
Hiver Vol	50	on	37	35	10	50	1,1	47	6,0	Faible	Faible	Faible	Non Hermétique	2,51

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Influence de la localisation dans l'hélicoptère.

Le profil qui suit s'applique au même hélicoptère VIP en climat tempéré mais considère un produit dans le cockpit (et non plus en baie avionique).

Hélicoptère - Ecran en planche de bord - Utilisation VIP - Climat tempéré (température extérieure de 15°C)														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Off	8 506	Off	15	70	10	365	23,2	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Sol-On	54	On	24	40	10	200	0,4	25	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	3,21
Vol	200	On	25	40	0	200	1,1	25	3	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	3,28

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Influence de la mission.

Le profil qui suit s'applique au même produit, dans les mêmes conditions climatiques que l'exemple de départ, mais pour un hélicoptère destiné à une autre mission (ici : Transport).

Hélicoptère - Calculateur en baie avionique - Utilisation Transport - Climat tempéré (température extérieure de 15°C)														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Off	8 035	Off	15	70	10	365	21,5	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Sol-On	125	On	36	20	30	600	0,5	45	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,71
Vol	600	On	35	20	10	900	0,7	45	6	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,51

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Influence de la mission.

Le profil qui suit s'applique au même produit, dans les mêmes conditions climatiques que l'exemple de départ, mais pour un hélicoptère destiné à une autre mission (ici : Offshore).

Hélicoptère - Calculateur en baie avionique - Utilisation Offshore - Climat tempéré (température extérieure de 15°C)														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)													
Off	7 360	Off	15	70	10	365	19,7	20	0	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,33
Sol-On	200	On	36	20	30	500	0,6	45	0,5	Faible	Modérée	Modérée	Non Hermétique	2,71
Vol	1 200	On	35	20	10	1000	1,3	45	6	Forte	Faible	Modérée	Non Hermétique	2,51

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 3.2. Profil de vie d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil moyen courrier

### 3.2.1. Description du profil en nombre et durée des cycles

#### Définition du profil

Le profil de vie « typique » d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil moyen courrier est constitué des phases suivantes :

- Phase de fonctionnement au sol lors des mises ON et OFF,
- Phase de fonctionnement au sol lors des escales (l'équipement restant en position ON),
- Phase de roulage (entre le moment où l'avion quitte la zone d'embarquement, et le moment où l'avion s'apprête à décoller),
- Phase de vol lors du décollage (montée) et de l'atterrissage (descente),
- Phase de vol stabilisé (régime de croisière),
- Phase de non-fonctionnement au sol : l'équipement est en position OFF (arrêts quotidiens, et phases de maintenance).
- Il est considéré que l'exploitation d'un avion civil moyen / long courrier est réalisée sur un rythme quotidien de 3 vols par jour avec 2 escales intermédiaires (pas ou peu de changement de fuseaux horaires).

Ce type d'avion est en service sur 350 jours par an, le reste pouvant être de l'attente en réserve ou de la maintenance quotidienne.

#### Phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF »

La durée de préparation du premier vol de la journée et d'extinction de l'appareil après le dernier vol de la journée (durée de la phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF ») est considérée égale à 2 heures. Cette durée inclut le premier chargement et le dernier déchargement de l'avion qui est réalisé en parallèle des activités techniques liées à l'exploitation de l'avion.

Avec 1 cycle quotidien, la durée totale de la phase est de 700 heures par an (2 x 350).

#### Phase « Sol-Fonctionnement-Escale »

La durée moyenne de cette phase (Turn Around Time) est considérée égale à 2 heures (déchargement, nettoyage, catering, rechargement).

Avec 2 cycles par jour (entre 3 vols), le nombre total de cycles est de 700 par an (2 x 350). La durée totale de la phase est de 1400 heures par an (2 x 700).

#### Phase « Sol-Roulage »

La durée moyenne du roulage est considérée égale à 0,30 heures (18 minutes).

Avec une phase de roulage avant et après chaque vol, le nombre de cycles est de 6 par jour, soit 2100 par an (2 x 3 x 350). La durée totale de la phase est de 630 heures par an (2100 x 0,30).

#### Phase « Vol-Montée/Descente »

La durée de la phase « Vol-Montée/Descente » est considérée égale à 1 heure/vol.

Avec 3 vols par jour, le nombre de cycles est de 1050 par an (3 x 350). La durée totale de la phase est de 1050 heures par an (1050 x 1).

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**Phase « Vol-Stabilisé »**

La durée totale du vol moyen est considérée égale à 4 heures, dont 3 heures de « Vol stabilisé ».

Avec 3 vols par jour, le nombre de cycles est de 1050 par an (3 x 350). La durée totale de la phase est de 3150 heures par an (1050 x 3).

**Phase « Sol-Dormant »**

Cette phase comprend tant les arrêts quotidiens que les 15 jours annuels de non-exploitation pour lesquels il n'a pas été créé une phase spécifique dans cet exemple.

La durée totale de la phase est de 1830 heures par an pour que la durée totale de l'ensemble des phases soit égale à 8760 heures par an (c'est à dire 24 x 365). Dans ce cas, la durée du cycle est de 5,01 heures (1830 / 365).

**3.2.2. Définition du profil ON / OFF**

Pour les équipements en baie avionique les plus courants, il est considéré que l'équipement est OFF pendant la phase « Sol-Dormant » et ON durant toutes les autres phases.

**3.2.3. Définition du profil thermique et cyclage thermique**

Le cycle thermique de base est le cycle jour/nuit dans la phase « Sol-Dormant ». La température ambiante considérée est 15°C avec un Delta T de cyclage de 10°C et une température maximale de cyclage de 20°C (la température varie donc entre 10°C la nuit et 20°C le jour).

Lorsque la baie avionique est alimentée, la ventilation est mise en route. La phase transitoire du début du démarrage (pendant laquelle les calculateurs commencent à chauffer alors que la ventilation n'a pas atteint sa pleine efficacité) est négligée (en outre, les calculateurs peuvent démarrer dans une ambiance froide ou chaude avant que la température ne soit régulée).

L'échauffement interne de l'équipement est considéré égal à 15°C (température ambiante des composants par rapport à la température ambiante à l'extérieur de l'équipement).

De plus, compte tenu de l'effet de la ventilation, la température ambiante retenue pour la phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF » est de 40°C, ce qui représente un  $\Delta T$  de cyclage de 25°C par rapport à la température ambiante de la phase « Sol-Dormant » (15°C). La température maximale du cyclage est égale à la température ambiante (en ON).

La température est considérée comme constante sur l'ensemble des phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Roulage », « Vol-Montée/Descente » et « Vol-Stabilisé ». La température ambiante retenue est de 40°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 0°C par rapport à la température ambiante de la phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF ». La température maximale du cyclage est égale à la température ambiante.

---

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



Pour la phase « Sol-Fonctionnement-Escale », il est considéré une perte d'efficacité de la régulation de la température liée à l'ouverture des portes de l'avion (cabine passagers et baie avionique). La température ambiante considérée (également température maximale de cyclage) est de 55°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 15°C par rapport à la température ambiante des phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Roulage », « Vol-Montée/Descente » et « Vol-Stabilisé ».

#### **3.2.4. Définition du profil en humidité**

Lorsque l'équipement est OFF (phase « Sol-Dormant »), il est considéré un niveau d'humidité moyen de l'ordre de 70%.

Lorsque l'équipement est ON au sol avec les portes de l'avion ouvertes (phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », et « Sol-Fonctionnement-Escale ») : il est considéré que l'échauffement interne fait passer le niveau d'humidité à 30%.

Lorsque l'équipement est ON en vol (phases « Vol-Montée/Descente » et « Vol-Stabilisé ») ou ON au sol avec les portes de l'avion fermées (phase « Sol-Roulage »), il est considéré que l'humidité relative baisse à un niveau de l'ordre de 10% (air très sec du fait du système de ventilation).

#### **3.2.5. Définition du profil vibratoire**

Le niveau de sollicitation vibratoire est considéré nul dans la phase « Sol-Dormant ».

Le niveau de sollicitation vibratoire est considéré très faible durant les phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF » et « Sol-Fonctionnement-Escale » : 0,05  $G_{RMS}$ .

La sollicitation vibratoire dans la phase « Roulage » est considérée égale à 5  $G_{RMS}$ .

La sollicitation vibratoire dans les phases « Vol-Montée/Descente » et « Vol-Stabilisé » est considérée égale à 0,6  $G_{RMS}$ .

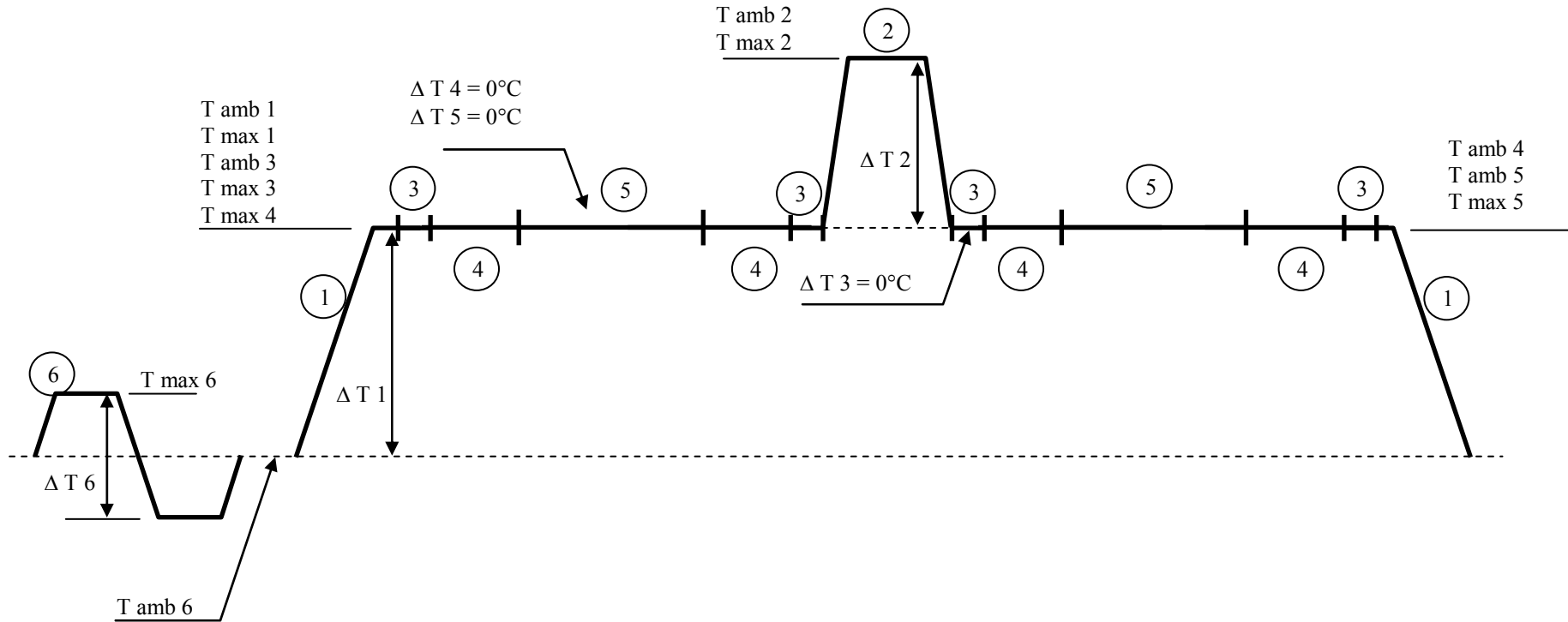
#### **3.2.6. Définition du profil chimique**

L'impact du facteur « pollution d'environnement » agit au moment où l'avion est au sol durant les phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Sol-Fonctionnement-Escale », et « Sol-Dormant ». Dans ces cas de figures, les équipements peuvent être soumis directement à l'environnement extérieur dans un milieu de type aéroportuaire.

En ce qui concerne les pollutions d'application, seule la phase « Sol-Dormant » peut entraîner l'intervention de personnes à proximité des cases à équipements.

### 3.2.7. Graphe

Le profil de vie est illustré par le schéma suivant :



**3.2.8. Table**

Avion civil moyen courrier, calculateur baie avionique														
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
		On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
① Sol - Fonctionnement ON/OFF	700	On	40	30	25	350	2,00	40	0,05	Faible	Modéré	Modéré	Non hermétique	4.8
② Sol - Fonctionnement Escal	1400	On	55	30	15	700	2,00	55	0,05	Faible	Modéré	Modéré	Non hermétique	2.0
③ Sol - -Roulage	630	On	40	10	-	2100	0,30	-	5	Faible	Faible	Modéré	Non hermétique	1.2
④ Vol - Montée/Descente	1050	On	40	10	-	1050	1,00	-	0,6	Faible	Faible	Modéré	Non hermétique	1.1
⑤ Vol - Stabilisé	3150	On	40	10	-	1050	3,00	-	0,6	Faible	Faible	Modéré	Non hermétique	1.1
⑥ Sol - Dormant	1830	Off	15	70	10	365	5,01	20	-	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	3.3

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3.3. Profil de vie d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil turbopropulsé

#### 3.3.1. Description du profil en nombre et durée des cycles

##### Définition du profil

Le profil de vie « typique » d'un équipement (en baie avionique) monté sur un avion civil turbopropulsé est constitué des phases suivantes :

- Phase de fonctionnement au sol lors des mises ON et OFF.
- Phase de fonctionnement au sol lors des escales (l'équipement restant en position ON).
- Phase de roulage (entre le moment où l'avion quitte la zone d'embarquement, et le moment où l'avion s'apprête à décoller).
- Phase de vol : lors du décollage (montée), du vol stabilisé (régime de croisière), et de l'atterrissage (descente).
- Phase de non-fonctionnement au sol : l'équipement est en position OFF (arrêts quotidiens, et phases de maintenance).

Il est considéré que l'exploitation d'un avion civil turbopropulsé est réalisée sur un rythme quotidien avec 4 vols par jour avec 2 escales (courtes distances). L'avion est mis OFF après chaque cycle de 2 vols comprenant une escale intermédiaire (ce cycle étant répété 2 fois par jour).

Ce type d'avion est en service sur 350 jours par an, le reste pouvant être de l'attente en réserve ou de la maintenance.

##### Phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF »

Cette phase représente la durée de préparation de chaque vol (mise ON des équipements : 2 fois par jour), et d'extinction de l'appareil (mise OFF des équipements : 2 fois par jour). La durée de cette phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF » est considérée égale à 0,6 heures (36 minutes). Cette durée inclut les phases de chargement et déchargement de l'avion qui est réalisé en parallèle des activités techniques liées à l'exploitation de l'avion.

Avec 2 cycles quotidiens, le nombre total de cycles est de 700 par an (2 x 350). La durée totale de la phase est de 420 heures par an (0,6 x 700).

##### Phase « Sol-Fonctionnement-Escale »

La durée moyenne de cette phase (TAT) est considérée égale à 0,5 heures soit 30 minutes (déchargement, nettoyage, catering, rechargement).

Avec 2 cycles par jour, le nombre total de cycles est de 700 par an (2 x 350). La durée totale de la phase est de 350 heures par an (0,5 x 700).

##### Phase « Sol-Roulage »

La durée moyenne du roulage est considérée égale à 0,10 heures (6 minutes).

Avec une phase de roulage avant et après chaque vol, le nombre de cycles est de 4 par jour, soit 2800 par an (2 x 4 x 350). La durée totale de la phase est de 280 heures par an (2800 x 0,10).

##### Phase « Vol-Montée/Stabilisé/Descente »

La durée totale du vol moyen est considérée égale à 1,2 heures comprenant environ : 0,2 heure (soit

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

12 minutes) de « Montée/Descente », et 1 heure de « Vol stabilisé ».

Sur un profil type d'avion civil turbopropulsé, les phases de « Montée/Descente » et de « Vol stabilisé » ne peuvent être distinguées avec une absolue précision, et au vu des durées mises en jeu, il a été décidé de ne prendre qu'une seule phase intitulée « Vol-Montée/Stabilisé/Descente ».

Avec 4 vols par jour, le nombre de cycles est de 1400 par an (4 x 350). La durée totale de la phase est de 1680 heures par an (1400 x 1,2).

#### **Phase « Sol-Dormant »**

Cette phase comprend tant les arrêts quotidiens que les 15 jours annuels de non-exploitation.

La durée totale de la phase est de 6030 heures par an pour que la durée totale de l'ensemble des phases soit égale à 8760 heures par an (c'est à dire 24 x 365). Dans ce cas, la durée du cycle est de 16,52 heures (6030 / 365).

### **3.3.2. Définition du profil ON / OFF**

Pour les équipements en baie avionique les plus courants, il est considéré que l'équipement est OFF pendant la phase « Sol-Dormant » et ON durant toutes les autres phases.

### **3.3.3. Définition du profil thermique et cyclage thermique**

Le cycle thermique de base est le cycle jour/nuit dans la phase « Sol-Dormant ». La température ambiante considérée est 15°C avec un Delta T de cyclage de 10°C et une température maximale de cyclage de 20°C (la température varie donc entre 10°C la nuit et 20°C le jour).

Lorsque la baie avionique est alimentée, la ventilation est mise en route. La phase transitoire du début du démarrage (pendant laquelle les calculateurs commencent à chauffer alors que la ventilation n'a pas atteint sa pleine efficacité) est négligée (en outre, les calculateurs peuvent démarrer dans une ambiance froide ou chaude avant que la température ne soit régulée).

L'échauffement interne de l'équipement est considéré égal à 15°C (température ambiante des composants par rapport à la température ambiante à l'extérieur de l'équipement).

De plus, compte tenu de l'effet de la ventilation, la température ambiante retenue pour la phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF » est de 40°C, ce qui représente un  $\Delta T$  de cyclage de 25°C par rapport à la température ambiante de la phase « Sol-Dormant » (15°C). La température maximale du cyclage est égale à la température ambiante (en ON).

La température est considérée comme constante sur l'ensemble des phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Roulage », et « Vol-Montée/Stabilisé/Descente ». La température ambiante retenue est de 40°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 0°C par rapport à la température ambiante de la phase « Sol-Fonctionnement-ON/OFF ». La température maximale du cyclage est égale à la température ambiante.

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Pour la phase « Sol-Fonctionnement-Escale », il est considéré une perte d'efficacité de la régulation de la température liée à l'ouverture des portes de l'avion (cabine passagers et baie avionique). La température ambiante considérée (également température maximale de cyclage) est de 55°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 15°C par rapport à la température ambiante des phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Roulage », et « Vol-Montée/Stabilisé/Descente ».

#### **3.3.4. Définition du profil en humidité**

Lorsque l'équipement est OFF (phase « Sol-Dormant »), il est considéré un niveau d'humidité moyen de l'ordre de 70%.

Lorsque l'équipement est ON tant au sol (phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Sol-Fonctionnement-Escale », et « Sol-Roulage ») qu'en vol (phase « Vol-Montée/Stabilisé/Descente »), il est considéré que l'échauffement interne fait passer le niveau d'humidité à 30%.

#### **3.3.5. Définition du profil vibratoire**

Le niveau de sollicitation vibratoire est considéré nul dans la phase « Sol-Dormant ».

Le niveau de sollicitation vibratoire est considéré très faible durant les phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF » et « Sol-Fonctionnement-Escale » :  $0,05 G_{RMS}$ .

La sollicitation vibratoire dans la phase « Roulage » est considérée égale à  $6 G_{RMS}$ .

La sollicitation vibratoire dans la phase « Vol-Montée/Stabilisé/Descente » est considérée égale à  $1,2 G_{RMS}$ .

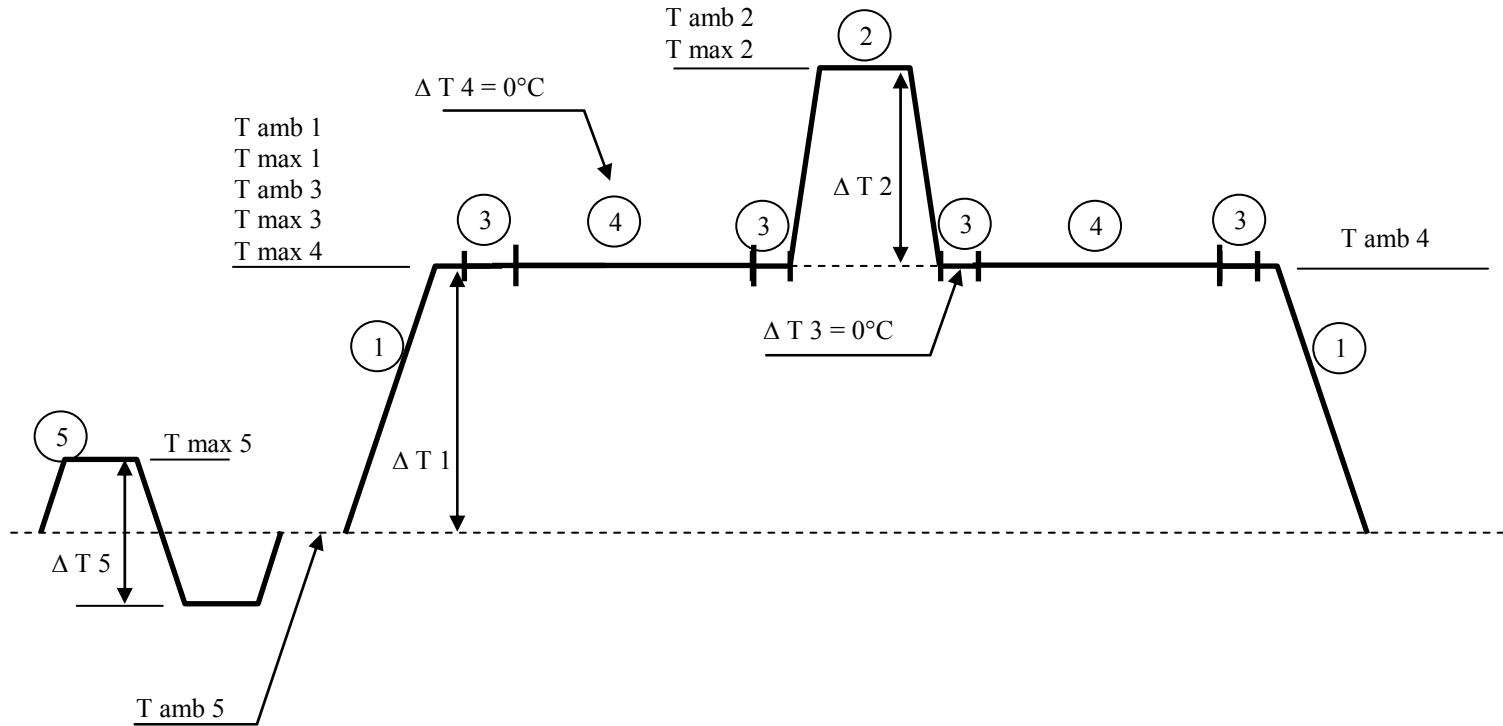
#### **3.3.6. Définition du profil chimique**

L'impact du facteur « pollution d'environnement » agit au moment où l'avion est au sol durant les phases « Sol-Fonctionnement-ON/OFF », « Sol-Fonctionnement-Escale », et « Sol-Dormant ». Dans ces cas de figures, les équipements peuvent être soumis directement à l'environnement extérieur dans un milieu de type aéroportuaire.

En ce qui concerne les pollutions d'application, seule la phase « Sol-Dormant » peut entraîner l'intervention de personnes à proximité des cases à équipements.

### 3.3.7. Graphe

Le profil de vie est illustré par le schéma suivant :



**3.3.8. Table**

Avion civil turbopropulsé, baie avionique														
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
		On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
① Sol - Fonctionnement ON/OFF	420	On	40	30	25	700	0,60	40	0,05	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	4.8
② Sol - Fonctionnement Escal	350	On	55	30	15	700	0,50	55	0,05	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	2.0
③ Sol - -Roulage	280	On	40	30	-	2800	0,10	-	6	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	1.2
④ Vol - Montée/ Stabilisé/ Descente	1680	On	40	30	-	1400	1,20	-	1,2	Faible	Faible	Faible	Non hermétique	1.1
⑥ Sol - Dormant	6030	Off	15	70	10	365	16,52	20	-	Faible	Modéré	Modéré	Non hermétique	3.3

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



### **3.4. Profil de vie d'un équipement de type système industriel**

#### **3.4.1. Description du profil en nombre et durée des cycles**

##### **Définition du profil**

Le profil de vie « typique » d'un équipement de type système industriel est constitué des phases suivantes :

Phase de « Contrôle-Surveillance » qui inclut les mises ON et OFF ainsi que le contrôle et la surveillance entre chaque phase de fonctionnement effectif,

Phase de fonctionnement effectif du système en mode de commande,

Phase de non-fonctionnement : l'équipement est en position OFF (arrêts quotidiens, et phases de maintenance).

Il est considéré que l'utilisation d'un équipement de type système industriel (module de commande/contrôle par exemple) est réalisée sur un rythme quotidien de travail de 17 heures avec deux équipes se relayant sur cette période. La mise en œuvre effective de la phase de « Commande-Distribution » se produit 4 fois par jour. Le système est mis OFF à chaque fin de journée.

Ce type d'équipement est en service sur 350 jours par an, le reste pouvant être de la maintenance et/ou intervention sur le système.

##### **Phase « Contrôle-Surveillance »**

Cette phase représente la durée de préparation du système le matin (mise ON des équipements : 1 fois par jour), et de son extinction à chaque fin de journée (mise OFF des équipements : 1 fois par jour). Elle inclut également les phases de contrôle et de surveillance intermédiaires sur les équipements (entre chaque cycle de « Contrôle-Distribution »).

La durée de cette phase « Contrôle-Surveillance » est considérée égale à 7 heures au total.

Avec 1 cycle quotidien, le nombre total de cycles est de 350. La durée totale de la phase est de 2450 heures par an (7 x 350).

##### **Phase « Commande-Distribution »**

Cette phase représente le fonctionnement effectif du système en mode de commande. La durée moyenne de cette phase est considérée égale à 2,5 heures.

Avec 4 cycles par jour, le nombre total de cycles est de 1400 par an (4 x 350). La durée totale de la phase est de 3500 heures par an (2,5 x 1400).

##### **Phase « Dormant »**

Le nombre de cycles considéré pour cette phase est de 365 (cycle jour/nuit sur une année).

La durée totale de la phase est de 2810 heures par an pour que la durée totale de l'ensemble des phases soit égale à 8760 heures par an (c'est à dire 24 x 365). Dans ce cas, la durée du cycle est de 7,7 heures (2810 / 365).

#### **3.4.2. Définition du profil ON / OFF**

Pour ce type d'équipement industriel, il est considéré que l'équipement est OFF pendant la phase « Dormant » et ON durant toutes les autres phases.

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3.4.3. Définition du profil thermique et cyclage thermique

Le cycle thermique de base est le cycle jour/nuit dans la phase « Dormant ». La température ambiante considérée est 15°C avec un Delta T de cyclage de 10°C et une température maximale de cyclage de 20°C (la température varie donc entre 10°C la nuit et 20°C le jour).

Lorsque le système est mis sous tension, on peut considérer que la température vue est celle de l'atelier, donc aux alentours de 15°C. La phase transitoire du début du démarrage (pendant laquelle le système commence à chauffer) est négligée.

L'échauffement interne de l'équipement est considéré égal à 15°C (température ambiante des composants par rapport à la température ambiante à l'extérieur de l'équipement).

La température ambiante retenue pour la phase « Contrôle-Surveillance » est de 30°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 15°C par rapport à la température ambiante de la phase « Dormant » (15°C). La température maximale du cyclage est égale à la température ambiante (en ON).

Pour la phase « Commande-distribution », il est considéré un échauffement lié au fonctionnement opérationnel de la commande. La température ambiante considérée (également température maximale de cyclage) est de 55°C, ce qui représente un Delta T de cyclage de 25°C par rapport à la température ambiante de la phase « Contrôle-Surveillance ».

### 3.4.4. Définition du profil en humidité

Lorsque l'équipement est OFF (phase « Dormant »), il est considéré un niveau d'humidité moyen de l'ordre de 80% (équipement positionné dans un atelier).

Lorsque l'équipement est ON (phases « Contrôle-Surveillance », et « Commande-Distribution »), il est considéré que l'échauffement interne du système fait passer le niveau d'humidité à 30%.

### 3.4.5. Définition du profil vibratoire

Le niveau de sollicitation vibratoire est considéré nul dans la phase « Dormant ».

La sollicitation vibratoire dans les phases « Contrôle-Surveillance », et « Commande-Distribution » est considérée égale à 0,1 G<sub>RMS</sub>.

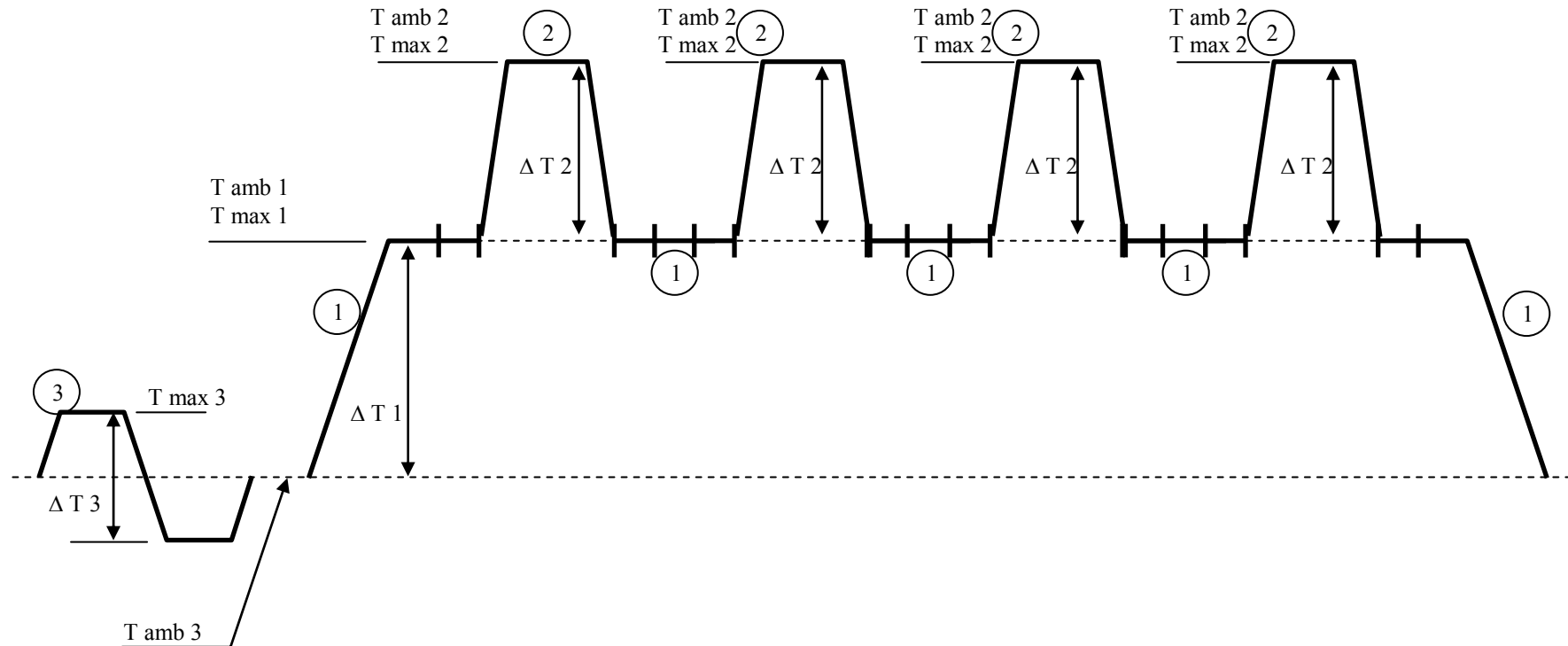
### 3.4.6. Définition du profil chimique

Vu que l'équipement est situé au niveau d'un atelier dans une usine de production, l'impact du facteur « pollution d'environnement » agit sur l'ensemble des 3 phases : « Contrôle-Surveillance », « Commande-Distribution », et « Dormant ». Le niveau est donc positionné à : « fort ».

En ce qui concerne la zone d'application, l'ensemble des 3 phases peut entraîner l'intervention de personnes au niveau de l'équipement. La zone est donc positionnée à : « modéré ».

### 3.4.7. Graphe

Le profil de vie est illustré par le schéma suivant :



**3.4.8. Table**

Système industriel particulier														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante (°C)	Taux d'humidité (%)	$\Delta T$ (°C)	Nombre de cycles (/an)	Durée du cycle (heures)	Température maximale au cours du cyclage (°C)	Vibrations aléatoires (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)													
① Contrôle-Surveillance	2450	On	30	30	15	350	7,00	30	0,1	Faible	Fort	Modéré	Non hermétique	5.1
② Commande-Distribution	3500	On	55	30	25	1400	2,50	55	0,1	Faible	Fort	Modéré	Non hermétique	4.6
③ Dormant	2810	Off	15	80	10	365	7,70	20	-	Faible	Fort	Modéré	Non hermétique	2.6

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### **3.5. Profil de vie de machine à laver le linge**

#### **3.5.1. Principe**

Cet exemple de profil de vie, est destiné à montrer l'applicabilité de la méthodologie FIDES même dans les cas où sa définition semble complexe à cause du grand nombre de phases à définir (23 phases pour cet exemple). Il a été construit par regroupement des tâches élémentaires où les contraintes physiques étaient identiques sur la base d'une utilisation de 150 cycles de lavage par an (proche de 3 lavages hebdomadaires) répartis de la manière suivante :

- 17 cycles ou programmes "linge fragile", d'une durée de 58,5 minutes.
  - Lavage à froid (30°C).
  - Rinçage.
  - Essorage court (comprend un rinçage).
- 100 cycles "programme normal", d'une durée de 104 minutes.
  - Lavage normal (50°C).
  - Deux rinçages.
  - Essorage long (comprend un rinçage).
- 33 cycles ou programmes "linge résistant, très sale", d'une durée de 136,5 minutes.
  - Prélavage
  - Lavage haute température (80°C).
  - Deux rinçages.
  - Essorage long et sévère (comprend un rinçage).

#### **3.5.2. Valeurs des paramètres**

##### **Températures, cycles thermiques**

Le local dans lequel se trouve la machine à laver est supposé en moyenne à 18°C, avec un cycle thermique journalier d'amplitude 5°C.

Les valeurs de températures indiquées dans ce profil correspondent à la température de l'eau dans la cuve, ce qui n'est pas forcément représentatif pour l'électronique de la machine à laver le linge. L'élaboration d'un profil réaliste devrait tenir compte de la température au voisinage des composants électroniques, qui peut subir d'autres influences que celle de l'eau de la cuve.

Les paramètres de cyclage thermique sont déduits de l'évolution de la température de la cuve entre deux étapes de lavage :

- Chauffages lorsque l'eau est chauffée.
- Refroidissements lors de remplissage avec de l'eau à 18°C.

##### **Humidité relative**

La machine à laver de l'exemple est supposée située dans une buanderie dans laquelle l'humidité est normale en période d'inactivité (70%) et plus élevée lorsque des lavages sont effectués (85% à 18°C). Par ailleurs l'humidité au voisinage de l'électronique est supposée uniquement influencée par la température de l'air.

---

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### Vibrations

Le niveau de vibration aléatoire a été établi à partir de la vitesse de rotation de la cuve dans la phase considérée.

### Pollutions

Le niveau de pollution a été établi comme suit :

- Pas de pollution saline : niveau faible.
- Pollution d'environnement : niveau modéré correspondant à une zone urbaine.
- Pollution d'application : niveau modéré correspondant à une zone non accessible.
- Niveau de protection : non hermétique (le réseau d'eau de la machine est lui étanche).

### Exposition aux surcharges accidentelles (facteur d'application)

Le facteur d'application a été établi de la façon suivante :

<b>Critères</b>	<b>Niveau pour la phase inactivité</b>	<b>Niveau pour les phases de fonctionnement</b>
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Modéré, utilisateur grand public	Modéré, utilisateur grand public
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Favorable, le produit ne requiert pas de qualification	Favorable, le produit ne requiert pas de qualification
Mobilité du système	Favorable, le produit est fixe	Favorable, le produit est fixe
Manipulation du produit	Faible, le produit n'est pas manipulé en dehors de son fonctionnement	Modéré, le produit est modérément manipulé pour son utilisation
Type de réseau électrique du système	Favorable, le produit est hors tension dans cette phase	Modéré, le produit est alimenté par un réseau peu perturbé
Exposition du produit à l'activité humaine	Modéré, il y a une activité auprès du produit même quand il n'est pas employé	Modéré, il y a une activité auprès du produit quand il est employé
Exposition du produit aux perturbations de machines	Faible, en phase d'inactivité	Modéré, en phase de fonctionnement
Exposition du produit aux intempéries	Faible, le produit est dans un local intérieur	Faible, le produit est dans un local intérieur
<b>Valeur de <math>\Pi_{\text{application}}</math></b>	<b>1,9</b>	<b>2,7</b>

#### **Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**3.5.3. Table**

Machine à laver le linge														
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
		On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Inactivité	8 502,52	Off	18	70	5	365	23,29	20,5	-	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	1,9
Remplissage 18°C (cuve à 18°C)	21,65	On	18	85	0	433	0,05	18,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Remplissage 18°C (cuve à 30°C)	2,50	On	18	85	0	50	0,05	30,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Remplissage 18°C (cuve à 50°C)	5,00	On	18	85	0	100	0,05	50,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Remplissage 18°C (cuve à 80°C)	1,65	On	18	85	0	33	0,05	80,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Rinçage	50,52	On	18	85	0	433	0,12	18,0	9,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Essorage court, non agressif	0,99	On	18	85	0	17	0,06	18,0	14,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Essorage long, non agressif	11,67	On	18	85	0	100	0,12	18,0	14,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Essorage long, sévère	3,85	On	18	85	0	33	0,12	18,0	16,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Attente ouverture	2,50	On	18	85	0	150	0,02	18,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Vidange (cuve à 18°C)	21,65	On	18	85	0	433	0,05	18,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Vidange (cuve à 30°C)	2,50	On	30	85	0	50	0,05	30,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Vidange (cuve à 50°C)	5,00	On	50	85	0	100	0,05	50,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Vidange (cuve à 80°C)	1,65	On	80	85	0	33	0,05	80,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Lavage court (cuve à 30°C)	6,67	On	30	85	0	50	0,13	30,0	9,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Machine à laver le linge														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Lavage normal (cuve à 50°C)	33,33	On	50	85	0	100	0,33	50,0	9,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Lavage normal (cuve à 80°C)	11,00	On	80	85	0	33	0,33	80,0	9,0	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Repos court, cuve pleine (cuve à 30°C)	6,67	On	30	85	0	50	0,13	30,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Repos normal, cuve pleine (cuve à 50°C)	33,33	On	50	85	0	100	0,33	50,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Repos normal, cuve pleine (cuve à 80°C)	11,00	On	80	85	0	33	0,33	80,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Chauffage à 30°C	2,50	On	30	85	12	50	0,05	30,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7
Chauffage à 50°C	13,33	On	50	85	32	100	0,13	50,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	1,9
Chauffage à 80°C	8,53	On	80	85	62	33	0,26	80,0	0,5	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	2,7

Pour la lisibilité du profil de vie, les paramètres de nombre de cycles, de durée de cycle et de température maximum dans la phase sont renseignés même quand il n'y a pas de cycle thermique. Les remplissages de cuves avec l'eau froide provoquent un refroidissement mais pas un cycle : ce refroidissement termine le cycle commencé par le chauffage.

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems



### 3.6. Profil de vie d'emport externe d'avion d'armes multi-rôles

#### 3.6.1. Principe

Pour les produits utilisés sur avion d'armes il existe une convention de calcul pour calculer un MTBF par heure de vol dans un profil de mission journalier qui comprend :

- Une heure de vol par jour.
- Une demi-heure de maintenance avion par jour.
- Le reste de la journée à l'arrêt.

Utiliser un profil de vie conventionnel, donc arbitraire, est forcément très nuisible au réalisme de la prévision. Mais cela peut être pratique pour comparer des données prévisionnelles entre elles. Dans ce cas la comparaison de la fiabilité prévue avec une fiabilité observée ne peut bien sûr pas se faire directement.

Le profil donné ici en exemple a pris comme contrainte de respecter cette convention tout en décrivant les diverses missions de l'avion (plus ou moins longue qu'une heure). Ce profil a été construit par la méthode des journées types décrites sur le cas de l'hélicoptère.

#### 3.6.2. Caractéristiques

##### Choix et durées des phases

Pour un avion d'armes, il existe plusieurs conventions pour le décompte des "heures de vol". Ces conventions incluent plus ou moins des temps de fonctionnement au sol. Celle retenue ici consiste à retenir comme "heures de vol" les durées dites "de cales à cales" qui inclut dans le "temps de vol" les temps de fonctionnement au sol (autres que la maintenance).

Trois types de mission sont pris en compte dans cet exemple.

- Mission de patrouille ou de convoyage, 1 heure de vol (40% des missions).
  - Attente au sol.
  - Roulage.
  - Montée.
  - Croisière (vitesse moyenne).
  - Descente.
  - Roulage
  - Attente au sol.
- Mission basse altitude, 1,5 heure de vol (30%).
  - Attente au sol.
  - Roulage.
  - Montée.
  - Croisière aller.
  - Mission basse altitude (vitesse moyenne).
  - Croisière retour.
  - Descente.
  - Roulage
  - Attente au sol.
- Mission haute altitude, 0,75 heure de vol (30%).
  - Attente au sol.

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

- Roulage.
- Montée.
- Mission haute altitude (vitesse élevée).
- Descente.
- Roulage
- Attente au sol.

Le choix de la durée des phases est tel que, en moyenne, l'avion fait :

- Une heure de vol par jour.
- Une demi-heure de maintenance avion par jour.
- Le reste de la journée à l'arrêt.

Ce profil de vie peut donc être compatible avec la convention en vigueur. Cependant, les vols ont été décomposés en 6 phases pour décrire convenablement les différents types d'environnements. En particulier, cette décomposition révèle que certaines phases de vol se caractérisent par des contraintes thermiques élevées, d'autres par une presque absence de contrainte thermique.

#### **Température et cycles thermiques**

Les phénomènes thermiques sont multiples et se superposent. Ce sont :

- Cyclage thermique jour / nuit.
- Dissipation thermique du produit sous tension.
- Variation de la température avec l'altitude (qui dépend de la mission).
- Echauffement cinétique (qui dépend de la vitesse donc de la mission).

#### **Humidité**

L'humidité relative est supposée de 70% à 15°C au sol. Ensuite seule l'influence de la température est prise en compte.

#### **Vibration**

Le niveau de vibration en vol et en roulage est élevé. En phase de croisière le niveau vibratoire est pris plus faible.

**Exposition aux surcharges accidentelles - facteur d'application**

Ce facteur a été établi de la façon suivante :

<b>Critères</b>	<b>Niveau pour la phase Sol-off</b>	<b>Niveau pour les phases roulage et vol</b>	<b>Niveau pour la phase maintenance</b>
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Défavorable Utilisation militaire: les contraintes de mission prévalent sur le respect du matériel	Défavorable Utilisation militaire: les contraintes de mission prévalent sur le respect du matériel	Défavorable Utilisation militaire: les contraintes de mission prévalent sur le respect du matériel
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Modéré	Favorable (pilote)	Modéré
Mobilité du système	Faible	Forte	Faible
Manipulation du produit	Favorable (produit non manipulé)	Favorable (produit non manipulé)	Modéré (produit parfois manipulé)
Type de réseau électrique du système	Favorable (non alimenté)	Sévère (réseau perturbé)	Sévère (réseau perturbé)
Exposition du produit à l'activité humaine	Modéré (mise à poste par exemple)	Faible	Modéré (maintenance par exemple)
Exposition du produit aux perturbations de machines	Faible	Modéré (exposition indirecte)	Faible
Exposition du produit aux intempéries	Modéré (exposition indirecte)	Modéré (exposition indirecte)	Modéré (exposition indirecte)
<b>Valeur de <math>\Pi_{\text{application}}</math></b>	<b>4,4</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>

Le cas de la phase "Vol - Attente sous tension au sol" qui précède le roulage conduit à un facteur application de 4,8.

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**3.6.3. Table**

Avion d'armes - Multi-rôle - Emport externe - Climat tempéré														
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
		On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Sol - Non fonctionnement	8 213	Off	15	70	10	365	22.50	20	0,01	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	4,4
Vol - Attente sous tension au sol	37	On	35	20	20	365	0.10	35	0,50	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	4,8
Vol - Roulage	37	On	35	20	-	-	-	-	8,00	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	5,0
Vol - Montée et descente	73	On	35	20	-	-	-	-	8,00	Faible	Faible	Modéré	Non Hermétique	5,0
Vol - Croisière	131	On	- 2	90	37	219	0.80	35	4,00	Faible	Faible	Modéré	Non Hermétique	5,0
Vol - Mission basse altitude	37	On	50	10	52	73	0.50	50	8,00	Faible	Faible	Modéré	Non Hermétique	5,0
Vol - Mission haute altitude	51	On	70	10	35	146	0.35	70	8,00	Faible	Faible	Modéré	Non Hermétique	5,0
Sol - Maintenance	183	On	35	20	20	365	0.50	35	0,50	Faible	Modéré	Modéré	Non Hermétique	5,5

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 3.7. Autres exemples

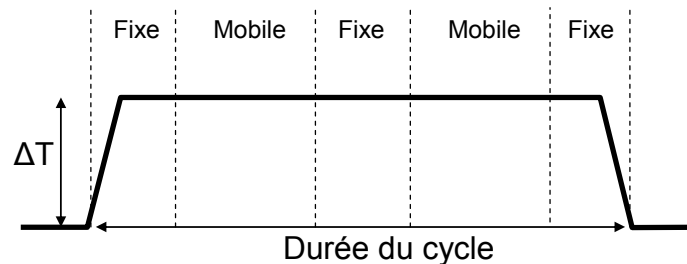
Blindé chenillé militaire														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique				Induit
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Fixe alimenté	152	On	50	40	35	48	5.06	50	0	Faible	Faible	Faible	Non hermétique	6.2
Mobile alimenté	91	On	50	40	-	-	-	-	4	Faible	Faible	Faible	Non hermétique	6.7
Mobile non alimenté (transport logistique)	100	Off	15	70	-	-	-	-	0.5	Faible	Faible	Faible	Non hermétique	5.2
Fixe non alimenté	8417	Off	15	70	10	365	23.06	20	0	Faible	Faible	Faible	Non hermétique	7.5

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Radio portable militaire														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire	On/Off	Température ambiante	Taux d'humidité	$\Delta T$	Nombre de cycles	Durée du cycle	Température maximale au cours du cyclage	Vibrations aléatoires	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
	(heures)		(°C)	(%)	(°C)	(/an)	(heures)	(°C)	(Grms)					
Journée sans utilisation - Stockage protégé	3960	Off	20	37	5	165	24	23	0.01	Faible	Faible	Modéré	Hermétique	4.1
Opération - Fonctionnement fixe	600	On	30	20	15	200	6	30	0.5	Faible	Faible	Modéré	Hermétique	5.6
Opération - Fonctionnement mobile	600	On	30	20	-	-	-	-	1.5	Faible	Faible	Modéré	Hermétique	7.7
Opération - Non fonctionnement fixe	3200	Off	15	50	10	200	18	20	0.01	Faible	Faible	Modéré	Hermétique	4.3
Opération - Non fonctionnement mobile	400	Off	15	50	-	-	-	-	1.5	Faible	Faible	Modéré	Hermétique	7.7

Ce profil de vie décrit le poste de radio d'un fantassin. Il illustre un cas où une phase comprend un cycle thermique d'une durée plus longue que la phase elle-même. Dans ce profil de vie, le système est mis sous tension alors qu'il est fixe (phase "Opération - Fonctionnement fixe"). Cette phase porte donc le cycle thermique de mise sous tension. Une fois sous tension, le système est transporté, ce qui est décrit dans une autre phase ("Opération - Fonctionnement mobile") qui ne provoque pas de nouveau cycle thermique mais correspond à un niveau vibratoire plus sévère. La durée du cycle thermique de mise sous tension correspond donc au temps de fonctionnement fixe plus le temps de fonctionnement mobile.



#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

Ordinateur personnel bureautique														
		Thermique et Humidité			Cyclage thermique				Mécanique	Chimique			Induit	
Intitulé de la phase	Temps calendaire  (heures)	On/Off	Température ambiante  (°C)	Taux d'humidité  (%)	$\Delta T$  (°C)	Nombre de cycles  (/an)	Durée du cycle  (heures)	Température maximale au cours du cyclage  (°C)	Vibrations aléatoires  (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection	$\Pi$ application
Marche	2860	On	50	10	30	220	13	50	0,1	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	3,1
Arrêt	2420	Off	20	50	5	220	11	23	0,01	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	1,6
Jour d'inactivité	3480	Off	20	50	5	145	24	23	0,01	Faible	Modéré	Faible	Non hermétique	1,6

Profil de vie d'un ordinateur personnel bureautique utilisés 220 jours par an. Les autres jours l'ordinateur n'est pas mis sous tension. Les jours où il est utilisé, l'ordinateur est mis sous tension manuellement le matin à 9H00 et il est éteint automatiquement à 22H00. En fonctionnement l'échauffement intérieur est de 30°C. Le local dans lequel se trouve l'ordinateur est climatisé le jour. La température moyenne est de 20°C avec un cycle thermique quotidien de 5°C.

### **III**

## **Fiches de calcul du guide d'évaluation**



# **Composants électroniques**

## Facteur induit

### Contributions associées aux surcharges accidentelles

$$\Pi_{\text{induit}-i} = \left( \Pi_{\text{placement}} \times \Pi_{\text{application}-i} \times \Pi_{\text{durcissement}} \right)^{0.511 \times \ln(C_{\text{sensibilité}})}$$

L'indice i désigne la phase considérée.

### Contribution associée au facteur $C_{\text{sensibilité}}$ :

Le facteur  $C_{\text{sensibilité}}$  est donné dans la fiche propre à chaque type d'article.

Les sensibilités relatives aux EOS, TOS, MOS (Electrical Over-Stress, Thermal Over-Stress, Mechanical Over-Stress) sont données pour information pour montrer la sensibilité relative des familles aux différents types de surcharges. Elles n'interviennent pas dans les calculs.

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{Placement}}$ :

	$\Pi_{\text{placement}}$
Fonction numérique non interface	1,0
Fonction numérique d'interface	1,6
Fonction analogique bas niveau non interface	1,3
Fonction analogique bas niveau interface	2,0
Fonction analogique puissance non interface	1,6
Fonction analogique puissance interface	2,5

Le facteur  $\Pi_{\text{Placement}}$  peut se déterminer soit au niveau du composant pour une étude détaillée, soit au niveau de la carte complète pour une étude plus rapide. Le choix doit se faire selon la fonction électronique dans laquelle l'article est impliqué et pas selon la nature ou la technologie de l'article lui même.

Pour déterminer le  $\Pi_{\text{Placement}}$  il faut répondre à deux questions.

#### 1. Interface ou non interface ?

Un interface est la jonction entre deux systèmes qui permet leur interconnexion. La notion d'interface doit être considérée d'un point de vue électrique. La notion est très dépendante de l'architecture dans laquelle est placée le produit. Un article doit être traité comme "interface" s'il est plus exposé aux agressions électriques accidentelles du fait de sa position dans le système. Les articles qui font la liaison entre un équipement et les systèmes extérieurs sont dans des fonctions d'interface.

Sur une carte électronique, les composants à l'interface sont souvent (mais pas nécessairement) des composants de protections (transil, tranzorb), des filtres (condensateurs, inductances, résistances), des composants d'isolation (optocoupleurs). Les composants d'interface sont souvent électriquement proche d'un connecteur.

## 2. Numérique, analogique bas niveau ou analogique puissance ?

Les fonctions numériques sont en principe simples à identifier.

Le seuil entre analogique bas niveau et analogique puissance correspond environ à un courant de 1 A. Mais d'autres éléments peuvent jouer pour le choix du  $\Pi_{\text{Placement}}$ , comme la tension et surtout le type de fonction :

- D'un point de vue du Guide FIDES, les fonctions analogiques bas niveau sont principalement des entrées/sorties discrètes, des signaux de mesure, des logiques analogiques.
- Les fonction de puissances sont principalement des alimentations, de la transmission de puissance.

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{application}}$  :**

L'évaluation du paramètre  $\Pi_{\text{application}}$  se fait par cotation d'une série de critères. Chaque critère peut avoir trois niveaux qui correspondent à une situation favorable, modérée ou défavorable. Chaque critère a un impact particulier sur les overstresses ( $P_{\text{OS}}$ ) :

**$\Pi_{\text{application}}$  : Tableau 1**

Critère	Description	Niveaux	Exemples et commentaires	Poids $P_{\text{OS}}$
Type d'utilisateur dans la phase considérée	Traduit l'aptitude au respect des procédures face au poids des contraintes opérationnelles.	0: Favorable 1: Modéré 2: Défavorable	L'utilisation du produit et l'application des règles sont principalement régis par: 0: des contraintes de qualité (industriel) 1: le coût du produit (grand public) 2: la réussite de la mission, le contexte opérationnel (militaire)  Les contraintes de qualité, de coût, de mission existent dans tous les types d'utilisation, mais avec des priorités différentes.	20
Niveau de qualification de l'utilisateur dans la phase considérée	Traduit le niveau de maîtrise de l'utilisateur ou de l'intervenant vis-à-vis d'un contexte opérationnel	0: Favorable 1: Modéré 2: Défavorable	0: Hautement qualifié 1: Qualifié 2: Faiblement qualifié ou peu expérimenté  Dans certaines phases l'utilisateur à considérer est celui qui réalise la maintenance ou l'entretien	10
Mobilité du système	Traduit les aléas liés aux possibilités de déplacement du système	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0: Peu d'aléa: environnement fixe ou stable 1: Aléas modérés 2: Aléas forts, grande variabilité (automobile)	4
Manipulation du produit	Traduit la possibilité de fausses manipulations, chocs, chutes...	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0: Non manipulé 1: Manipulation sans déplacement ni démontage 2: Manipulation avec déplacement ou démontage  Le niveau sévère devrait être adopté en cas de possibilité de maintenance sur le produit dans la phase considérée	15
Type de réseau électrique du système	Traduit le niveau de perturbation électrique attendu sur les alimentations, les signaux et les lignes électriques : mises sous tension, commutation d'alimentation, connexion/déconnexion	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0: Réseau non perturbé (alimentation dédiée régulée) 1: Réseau peu perturbé 2: Réseau soumis à perturbations (réseau de bord)  Le type de réseau est une donnée système mais qui peut être décliné au niveau du produit	4
Exposition du produit à l'activité humaine	Traduit l'exposition aux aléas liés à l'activité humaine : choc, détournement de destination...	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0 : Zone inhabitable 1 : Activité possible dans la zone du produit 2 : Activité normale dans la zone du produit  Le produit peut être exposé à l'activité humaine même s'il n'est pas lui même manipulé en usage normal	8
Exposition du produit aux perturbations de machines	Traduit les aléas liés aux fonctionnements de machines, moteurs, actionneurs : choc, surchauffes, perturbations électriques, polluants...	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0: Nulle (téléphone) 1: Exposition indirecte (produit en soute) 2: Exposition forte ou directe (produit en zone moteur)	3
Exposition du produit aux intempéries	Traduit l'exposition à la pluie, la grêle, le givre, le vent de sable, la foudre, la poussière...	0: Bénin 1: Modéré 2: Sévère	0: Nulle (habitation) 1: Exposition indirecte (soute, hall de gare) 2: Extérieur (moteur automobile)	2

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{application}}$  (suite).**

Chaque critère (type d'utilisateur, mobilité du système...) doit recevoir une réponse pour indiquer un niveau bénin modéré ou sévère :

- Il est important de déterminer le  $\Pi_{\text{application}}$  pour chaque phase d'emploi. En effet, l'exposition aux surcharges accidentelles peut être très variable selon le contexte. Il est par exemple intéressant de traduire une exposition accrue dans les phases de maintenance (lorsqu'il y en a).
- Certains critères sont de niveau produit (c'est-à-dire l'entité dont la fiabilité est étudiée, en général un équipement) et d'autres de niveaux système (c'est-à-dire l'ensemble dans lequel le produit est intégré, par exemple un avion ou une voiture). Il est important de respecter ce point de vue dans l'évaluation des critères.

Chacun des niveaux bénin modéré ou sévère est affecté d'une pondération spécifique définie dans le tableau qui suit :

 **$\Pi_{\text{application}}$  : Tableau 2**

Niveau	Pondération des notes ( $P_{\text{notes}}$ )
0 : Favorable ou bénin	1
1 : Modéré	3,2
2 : Défavorable ou sévère	10

A partir de ces tableaux et des réponses aux critères, le  $\Pi_{\text{application}}$  est obtenu par la formule :

$$\Pi_{\text{application}} = \frac{1}{66} \cdot \sum_{k=\text{Critères}} P_{\text{notes}_k} \cdot Pos_k$$

Où :

Les  $P_{\text{notes}_k}$  sont les pondérations correspondant aux notes données à chaque critère ( $\Pi_{\text{application}}$  : Tableau 2).

Les  $Pos_k$  sont les poids de chaque critère ( $\Pi_{\text{application}}$  : Tableau 1).

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{Durcissement}}$

La détermination du facteur  $\Pi_{\text{Durcissement}}$  demande de répondre au questionnaire qui suit.

Les réponses et les preuves apportées par la personne auditée, permettent de fixer un **niveau de satisfaction** à la recommandation (niveau N1 à N4) :

- N1 = la recommandation n'est pas appliquée → risques certains vis-à-vis de la fiabilité,
- N2 = la recommandation n'est que partiellement appliquée → risques potentiels vis-à-vis de la fiabilité,
- N3 = la recommandation est globalement appliquée → peu de risques vis-à-vis de la fiabilité,
- N4 = la recommandation est pleinement appliquée et fait l'objet d'une procédure → Maîtrise de la fiabilité.

Fiche	Recommandation	Poids
169	Rédiger des procédures complètes pour l'ensemble des opérations de mises en œuvre et de maintenance du produit	7
157	Assurer la formation et gérer le maintien des compétences pour la mise en œuvre et la maintenance du produit	7
158	Assurer le respect des procédures propres au produit et des règles propres aux métiers par un système de suivi adéquat	7
168	Réaliser une revue des opérations de maintenance par l'utilisateur final et traiter ses recommandations	4
156	Assurer la complétude des spécifications d'environnements. Critères de vérification de la complétude des spécifications : analyse, essais, retour d'expérience, respect normatif	4
164	Justifier du respect des spécifications d'environnement	4
165	Mener un processus d'amélioration du produit (par exemple : essais aggravés) afin de limiter la sensibilité du produit aux contraintes environnementales (perturbations, environnements, overstress)	7
167	Réaliser une analyse process des opérations de mise en œuvre et de maintenance	4
170	Respect d'une norme concernant les alimentations (norme qui définit les perturbations possibles et les variations possibles type EN2282). Le respect doit être assuré aussi bien au niveau génération électrique qu'au niveau consommation électrique	4
166	Réaliser une analyse des cas de panne pouvant donner lieu à une propagation de panne	4
163	Intégrer les environnements de production, de stockage et de maintenance dans les spécifications d'environnement du produit	4
160	Etudier et traiter les risques de détérioration du produit en test par les pannes de ses moyens de test ou de maintenance. Critères : Risques analysés dans la conception du moyen de test et de l'unité testée, mise en place des moyens de prévention adaptés	4
162	Identifier et traiter, par les moyens de prévention adéquats, les utilisations anormales raisonnablement prévisibles	4
161	Identifier et traiter, par les moyens de prévention adéquats, les agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisibles	4
159	Concevoir des dispositifs de protection électrique sûrs de fonctionnement : - identifier les dispositifs de protection électrique - s'assurer de leur testabilité et de leur maintenabilité - intégrer le cas de ces dispositifs à la définition de la politique de maintenance	4
171	Respect d'une norme concernant les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées : Par respecté, il faut entendre à la fois par le produit et par le système dans lequel il est intégré	3

Les fiches détaillées des recommandations relatives à l'évaluation par audit du  $\Pi_{\text{Durcissement}}$  sont présentées avec l'ensemble des fiches des recommandations du guide d'audit et de maîtrise du Processus Fiabilité.

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{Durcissement}}$  (suite)**

La note relative à chaque niveau s'établit comme suit :

Niveau	Note
N1	0
N2	1
N3	2
N4	3

Chacune des recommandations est pondérée par un **Poids\_Recom** spécifique.

Le facteur  $\Pi_{\text{Durcissement}}$  est calculé comme suit :

$$\Pi_{\text{Durcissement}} = e^{0,7 \times (1 - \text{recom\_grade})}$$

$$\text{avec: } \text{recom\_grade} = \frac{1}{225} \sum_i^{\text{Recommandations}} \text{Poids\_Recom}_i \times \text{Note\_satisfaction}_i$$

Où :

- Poids\_recom est le poids associé à une recommandation
- Note\_satisfaction est la note obtenue pour cette recommandation (0, 1, 2 ou 3).

Remarques :

- Le facteur **recom\_grade** varie de 0 (pire cas : aucune recommandation n'est appliquée) à 1 (meilleur cas).
- Le facteur "225" correspond au score obtenu en donnant la meilleure note à chacune des recommandations. Si une (ou plusieurs) recommandation est jugée inapplicable et non pertinente sur un projet donné, il est possible d'actualiser ce total, à la façon dont cela est fait pour le calcul du facteur processus.

En l'absence d'évaluation du  $\Pi_{\text{Durcissement}}$ , la valeur par défaut de 1,7 est proposée. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.

## Facteur fabrication composant

**Modèle général associé au facteur fabrication composant  $\Pi_{PM}$  :**

$$\Pi_{PM} = e^{1,39 \times (1 - \text{Part\_Grade}) - 0,69}$$

Avec, pour les actifs (circuits intégrés, discrets actifs, DEL, optocoupleurs) :

$$\text{Part\_Grade} = \left[ \frac{(AQ_{\text{fabricant}} + AQ_{\text{composant}} + AF_{\text{composant}}) \times \varepsilon}{36} \right]$$

Et pour tous les autres articles :

$$\text{Part\_Grade} = \left[ \frac{(AQ_{\text{fabricant}} + AQ_{\text{composant}}) \times \varepsilon}{24} \right]$$

La formule générale de calcul du  $\Pi_{PM}$  peut être particularisée et est alors précisé au cas par cas.

### Modèle associé au facteur $AQ_{\text{fabricant}}$

Ce facteur est commun à l'ensemble des articles.

Niveau d'assurance qualité du fabricant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{fabricant}}$
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/SCC QPL, MIL-PRF-38535 QML, MIL-PRF-19500	Equivalent	2
Certifié ISO 9000 version 2000	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

### Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Le paramètre  $AQ_{\text{composant}}$  est défini pour chaque famille d'articles. Il prend en compte principalement la méthodologie de qualification sans prendre en compte les sévérités des essais définies dans les normes citées. Pour les composants actifs, les sévérités d'essais sont prise en compte par le facteur  $AF_{\text{composant}}$ .

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Les critères de niveau sont définis pour chaque famille d'article	Supérieur	3
	Equivalent	2
	Inférieur	1
	Très inférieur	0



**Modèle associé au facteur  $AF_{composant}$**

Le facteur  $AF_{fabricant}$  est défini pour les circuits intégrés et les discrets actifs. Il est quantifié en fonction des résultats et de la sévérité des essais réalisés par le fabricant

	Risque $AF_{composant}$
<b>Très fiable niveau A</b>	<b>3</b>
<b>Très fiable niveau B</b>	<b>2</b>
<b>Fiable</b>	<b>1</b>
<b>Non fiable</b>	<b>0</b>

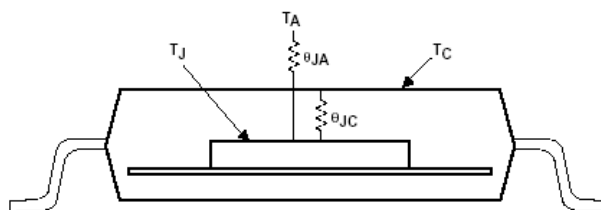
**Modèle associé au facteur d'expérience  $\epsilon$  :**

Le facteur epsilon doit traduire l'expérience que l'acheteur du composant a de son fournisseur. C'est donc un facteur propre à chaque industriel. Son rôle multiplicatif dans le modèle traduit l'importance de la connaissance des fournisseurs dans la fiabilité des composants. Ce facteur est commun à l'ensemble des articles mais dans certains cas des indications spécifiques pour sa détermination sont proposées.

Description du risque lié à l'utilisation de ce fabricant	Valeur du facteur $\epsilon$
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

## Résistances thermiques des composants

Pour les composants actifs, c'est la température de jonction du composant qui est utilisée par le modèle de contrainte thermique. Cela demande une évaluation de l'élévation de la température de jonction par rapport à la température ambiante. Cette évaluation se fait en général à partir de la puissance dissipée par le composant et de sa résistance thermique entre la jonction et l'ambiante. Les données de résistances thermiques des composants publiées par les fournisseurs sont à utiliser de préférence. A défaut, une méthode d'évaluation des résistances thermiques pour les composants actifs est proposée.



**Circuits intégrés**

$$R_{JA\_0m/s} = C_{type} \cdot Np^{-0.58} \cdot K$$

$$R_{JA\_2m/s} = \frac{R_{JA\_0m/s}}{1.5}$$

$R_{JA\_V}$  = Résistance thermique jonction-ambiante, en fonction de la vitesse du flux d'air

$V = 0$  m/s ou 2 m/s = Vitesse du flux d'air, dépendant de la convection environnementale (0 m/s = convection naturelle)

$C_{type}$  = Constante dépendant du type de boîtier

$Np$  = Nombre de broches du boîtier ; pour les boîtiers QFN on appliquera la même formule avec  $Np$  = aire du boîtier en  $mm^2$ .

$K$  = Constante dépendant de la valeur de conductivité thermique dans le plan de la carte ( $k_x=k_y$ )

Nota :

- Faible Conductivité :  $k_x < 15 \frac{W}{m.K}$
- Forte Conductivité :  $k_x \geq 15 \frac{W}{m.K}$

Type de Boîtier	$C_{type}$	Domaine de variation		
QFN (aire en $mm^2$ )	223	3*3	<Aire<	10*10
CerDIP / CDIP	320	8	< Np <	48
Power QFP (HQFP, RQFP...)	340	160	< Np <	304
PDIP	360	8	< Np <	68
PPGA	380	28	< Np <	447
PLCC	390	20	< Np <	84
SOIC	400	8	< Np <	32
SOJ	400	24	< Np <	44
CPGA	410	68	< Np <	655
SOP	410	8	< Np <	32
Power BGA-1,27mm (SBGA, TBGA...)	450	256	< Np <	956
J-CLCC	470	28	< Np <	84
CBGA	480	255	< Np <	1156
Cerpack	480	20	< Np <	56
TQFP, VQFP, LQFP	480	32	< Np <	208
PBGA-1,27mm	530	119	< Np <	729
Power BGA-1mm (SBGA, TBGA...)	550	256	< Np <	1508
SSOP	560	16	< Np <	64
CQFP	560	64	< Np <	256
PQFP	570	44	< Np <	304
TSSOP	650	8	< Np <	64
PBGA-1mm	670	100	< Np <	1156
PBGA-0,8mm	700	48	< Np <	484
TSOP	750	5	< Np <	56

Conductivité thermique de carte	K
Faible Conductivité	1,15
Forte Conductivité	0,94

Pour les boîtiers type BGA, compte tenu de la diversité des formes possibles, il peut être préférable de se référer aux données fabricants.

**Discrets actifs**

$R_{JA}$  = Résistance thermique jonction - ambiante (modèle proposé pour la convection naturelle uniquement, flux d'air = 0 m/s) en °C/W

$R_{JC}$  = Résistance thermique jonction - boîtier (jonction-case) en °C/W

$N_p$  = Nombre de broches du boîtier

$k_x$  = Conductivité thermique dans le plan de la carte ( $k_x = k_y$ ) en W/m.K

Faible Conductivité :  $k_x < 15 \frac{W}{m.K}$

& Forte Conductivité :  $k_x \geq 15 \frac{W}{m.K}$

Type de boîtier	Noms équivalents	$N_p$	$R_{JA}$ Faible conductivité	$R_{JA}$ Forte conductivité	$R_{JC}$
DO15	DO-204AC	2	60	42	5
DO27	DO-201AA	2	41	30	1
DO35	DO-204AH	2	378	241	134
DO41	DO-204AL	2	73	50	45
DO92		3	195	126	150
DO220 *		3	65	45	4
DPAK *	TO-252AA, SC63, SOT428	4	97	71	4
D2PAK *	TO-263, SC83A, SMD-220	4	58	40	1
IPACK *	TO-251AA	3	96	50	3
I2PAK		3	63	44	1
ISOTOP *	SOT227, TO-244, Half-Pak	4	35	26	1
F126		2	40	29	1
SIL	SIL, ZIP		(Voir spécification fabricant)		
SIP	SIL, ZIP		(Voir spécification fabricant)		
SOD6	DO-214AA, SMB-J	2	88	59	27
SOD15	DO-214AB, SMC-J	2	67	46	2
SOD80	Mini-MELF, DO213AA	2	568	361	172
SOD87	DO-214AC, SMA-J	2	110	73	41
SOD110		2	315	202	119
SOD123		2	337	216	130
SOD323	SC76	2	428	273	146
SOD523	SC79	2	93	62	31
SOT23	TO-236AB	3	443	360	130
SOT23	SC74A, SOT25	5	285	136	106
SOT23	SC74, SOT26, SOT457	6	212	133	110
SOT82 *	TO225	3	100	67	8
SOT89	SC62, TO-243AA	4	142	125	100
SOT90B		6	500	318	160
SOT143	TO-253AA, SC61B	4	473	250	155
SOT223	SC73, TO261AA	4	84	57	21
SOT323	SC70	3	516	328	164
SOT343	SC82	4	215	139	88
SOT346	SC59, TO-236AA	3	500	318	160
SOT353	SC70-5, SC88A	5	358	229	144
SOT363	SC70-6, SC88	6	553	351	164

Type de boîtier	Noms équivalents	Np	R <sub>JA</sub> Faible conductivité	R <sub>JA</sub> Forte conductivité	R <sub>JC</sub>
TO18	TO-71, TO-72, SOT31, SOT18	3	475	<i>302</i>	150
TO39	SOT5	3	219	<i>142</i>	58
TO92	SOT54, SC43, TO226AA	3	180	<i>117</i>	66
TO126	SOT32, TO-225AA	3	95	<i>64</i>	3
TO218 *	ISOWATT218	3	40	<i>29</i>	1
TO220 *	TO220-5, ISOWATT220, TO220XX	3	58	<i>40</i>	4
TO247 *	Max247, Super247, SOT429	3	47	<i>34</i>	1

Note :

1. Les *données en italique* sont des ordres de grandeur résultant d'analyses de régression basées sur des moyennes par type de boîtier.  
Il n'existe pas d'essais normalisés pour la mesure des résistances thermiques des boîtiers discrets; les performances thermiques de ces composants dépendent donc uniquement du fabricant. Ces *données en italique* sont fournies à titre indicatif; pour les boîtiers concernés, il est fortement conseillé de se référer aux données fabricant extraites des spécifications.
2. \* : Pour les boîtiers de puissance (type TO218, DPAK, ISOTOP...), il faut appliquer la résistance thermique « R<sub>JA</sub> » uniquement si le boîtier est monté directement sur la carte ; sinon quand le boîtier est (par exemple) vissé sur une structure métallique ou s'il est muni d'un radiateur, il est conseillé d'appliquer la résistance thermique « R<sub>JC</sub> ».
3. Si le Delta\_T du composant est très élevé ( $\Delta T = R_{JA} \times P_{Dissipée} > 150^{\circ}C$ ), il est préférable de chercher dans la spécification les conditions de mesures thermiques et d'appliquer la valeur de résistance thermique « R<sub>JA</sub> » fournie par le fabricant, si elle est inférieure à celle fournie par FIDES ; dans le cas contraire il faudra appliquer la résistance thermique « R<sub>JC</sub> » (car elle prend en compte une meilleure métallisation sous le composant).

**Diodes Electroluminescente (DEL)**

Pour les DEL (ou LED Light Emitting Diode), compte tenu de la diversité de taille pour chaque type de boîtier, il est préférable de se référer aux données fabricants. Des gammes de valeurs sont proposées ici à titre indicatif.

$R_{JA}$  = Résistance thermique jonction - ambiante en °C/W

$R_{JC}$  = Résistance thermique jonction - boîtier (jonction-case) en °C/W

Courant DC direct maximal	CMS ou Traversant	Type de boîtier	Nombre de broches	$R_{JA}$ °C/W	$R_{JC}$ °C/W
<b><math>I_F &lt; 150\text{mA}</math></b>	Traversant	T1-x	2 à 4	300-500	160-290
		High flux	4	200	90-155
	CMS	Chip	2	450-800	260-450
			Mini 2	460-580	230-330
		PLCC	2	360-400	180-280
			3	270-290	130-190
			4	270-560	130-180
		6	210-500	130-160	
		Round	2	420-530	250
	LGA	2	380-630	180-360	
Autre	Indifférent	-			
<b><math>150\text{mA} \leq I_F &lt; 300\text{mA}</math></b>	CMS	Indifférent	90-140	15-25	
<b><math>300\text{mA} \leq I_F &lt; 1\text{A}</math></b>			39-65	8-23	
<b><math>I_F \geq 1\text{A}</math></b>			30-50	3-17	

## Circuits Intégrés

### Modèle général associé à la famille

$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$  avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Boitier}} \times \Pi_{\text{TCy Boitier}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + \lambda_{0\text{Méca}} \times \Pi_{\text{Méca}} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Circuit intégré	10	2	1	6,30

### $\Pi_{\text{PM}}$ : Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon l'une des normes suivantes : AEC Q100, MIL-PRF-38535 classe V, ESCC 90xx, NASDA-QTS-xxxx classe I, NPSL NASA niveau 1	Supérieur	3
Qualification fabricant intégrant les essais conformément aux normes JESD22, EIAJ-ED-4701, MIL-STD-883, IEC 68 avec identification des sites de fabrication «front-end» et «back-end» ; Qualification selon l'une des normes suivantes : MIL-PRF-38535 classe Q, MIL-PRF-38535 classe M, MIL-PRF-38535 classe N, MIL-PRF-38535 classe T, NASDA-QTS-xxxx classe II, NPSL NASA niveau 2 & 3, STACK-S0001	Equivalent	2
Programme de qualification interne au fabricant et sites de fabrication non identifiés	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

**$\Pi_{PM}$  : Modèle associé au facteur  $AF_{composant}$**

Intitulé de l'essai de vieillissement accéléré	High Temperature Operating Life (HTOL)	Pré-conditionnement avant TC, THB ou HAST	Temperature Cycling (TC)	Pressure Cooker Test (PCT)	Highly Accelerated Stressed Tests (HAST)	Temperature Humidity Biased (THB)	
<b>Normes de référence</b>	EIA JESD-22-A108 A ou équivalent	EIA JESD-22-A113A ou équivalent	EIA JESD-22-A104 ou équivalent	EIA JESD-22-A102 ou équivalent	EIA JESD-22-A110 ou équivalent	EIA JESD-22-A101 ou équivalent	
Résultats de l'essai							Risque $AF_{composant}$
<b>Très fiable niveau A</b>	1000h, 125°C, $V_{max}$ , 231/0 <sup>(1)</sup> 1500/0*	effectué	1000 cycles - 55°C /+150°C ou 500 cycles - 65°C/+150°C 231/0 ou 1000 cycles -55°C/125°C 385/0	168 h à 121°C / 100%RH 231/0	168 h à 130°C/ 85%RH 231/0	168 h à 130°C/ 85%RH 231/0	<b>3</b>
<b>Très fiable niveau B</b>	1000h, 125°C, $V_{max}$ , 154/0 <sup>(1)</sup> 900/0*	effectué	1000 cycles - 55°C /+125°C, 154/0	96 h à 121°C / 100%RH, 154/0	96 h à 130°C/ 85%RH, 154/0	96 h à 130°C/ 85%RH, 154/0	<b>2</b>
<b>Fiable</b>	1000h, 125°C, $V_{max}$ , 77/0 <sup>(1)</sup> 231/0*	effectué	500 cycles -55°C /+125°C 154/0	96 h à 121°C / 100%RH, 77/0	96 h à 130°C 85%HR, 77/0	1000 h à 85°C/85%RH, 154/0	<b>1</b>
<b>Non fiable</b>	Dimensionnement inférieur au niveau fiable	Non effectué	Dimensionnement inférieur au niveau fiable				<b>0</b>

Chaque case du tableau contient un descriptif des conditions d'essai avec le résultat attendu sous la forme XXX/Y où XXX est le nombre de pièces en essai et Y le nombre de défaut (en pratique Y=0)

(1) : Applicable à un article ou à un procédé Front End pour un boîtier déterminé

\* : applicable à tous les procédés Front End pour un boîtier déterminé.

En cas d'hétérogénéité dans les niveaux entre les différents types d'essais, le niveau retenu sera le plus faible.



### Taux de défaillance de base associés aux boîtiers

Les taux de défaillance de base pour les différentes contraintes physiques sont obtenus par l'équation :

$$\lambda_{0\_Contrainte} = e^{-a} \times Np^b$$

Où :

- a et b sont des constantes, fonction du type de boîtier et du nombre de broches, données dans le tableau qui suit.
- Np est le nombre de broche du boîtier.

Désignation courante	Description	Np	$\lambda_{0RH}$		$\lambda_{0TCy\_Boîtier}$		$\lambda_{0TCy\_Joints\ brasés}$		$\lambda_0\ mécanique$	
			a	b	a	b	a	b	a	b
<b>PDIP, TO116</b>	Plastic Dual In line Package	8 à 68	5,88	0,94	9,85	1,35	8,24	1,35	12,85	1,35
<b>CERDIP, CDIP</b>	Ceramic Dual-In-Line Package	8 à 20 >20 à 48	$\lambda_{0RH}=0$		6,77	1,35	5,16 4,47	1,35 1,35	8,38 7,69	1,35 1,35
<b>PQFP</b>	Plastic Quad Flatpack, L lead	44 à 240 >240 à 304	11,16	1,76	12,41	1,46	10,80 10,11	1,46 1,46	14,71 14,02	1,46 1,46
<b>SQFP TQFP, VQFP, LQFP</b>	Plastic Shrink (thickness) Quad Flatpack, L lead Plastic Thin Quad Flatpack, L lead	32 à 120 >120 à 208	7,75	1,13	8,57	0,73	6,96 5,57	0,73 0,73	11,57 10,18	0,73 0,73
<b>Power QFP (RQFP, HQFP, PowerQuad, EdQuad...)</b>	Plastic Quad Flatpack with heat sink, L lead	160 à 240 >240 à 304	14,17	2,41	15,11	1,96	13,50 12,81	1,96 1,96	17,41 16,72	1,96 1,96
<b>CERPACK</b>		20 à 56	$\lambda_{0RH}=0$		12,41	1,46	10,80	1,46	14,02	1,46
<b>CQFP, Cerquad</b>	Ceramic Quad Flat Pack	64 à 132 >132 à 256	$\lambda_{0RH}=0$		12,41	1,46	10,80 9,19	1,46 1,46	14,02 12,41	1,46 1,46
<b>PLCC</b>	Plastic Leaded Chip Carrier J-Lead	20 à 52 >52 à 84	9,36	1,74	18,52	3,15	16,91 15,52	3,15 3,15	21,11 19,72	3,15 3,15
<b>J-CLCC</b>	J-Lead Ceramic Leaded Chip Carrier	4 à 32 44 52 68 84	$\lambda_{0RH}=0$		8,07	0,93	6,46 5,77 5,36 4,85 4,38	0,93	9,68 8,99 8,58 8,07 7,6	0,93
<b>CLCC</b>	Ceramic Leadless Chip Carrier	4 20 32 44 52 68 84	$\lambda_{0RH}=0$		8,07	0,93	5,07 4,51 4,38 4,26 4,26 4,16 4,16	0,93	8,07 7,51 7,38 7,26 7,26 7,15 7,15	0,93
<b>SOJ</b>	Plastic Small Outlines, J-Lead	24 à 44	4,31	0,86	8,36	1,39	6,75	1,39	11,36	1,39
<b>SO, SOP, SOL, SOIC, SOW</b>	Plastic Small Outlines, L lead	8 à 14 16 à 18 20 à 28 32	8,23	1,17	13,36	2,18	11,75 11,06 10,36 10,14	2,18 2,18 2,18 2,18	16,36 15,66 14,97 14,75	2,18 2,18 2,18 2,18
<b>TSOP I TSOP II</b>	Thin Small Outlines, leads on small edges, L lead Thin Small Outlines, leads on long edges, L lead	5 à 16 >16 à 32 >32 à 44 >44 à 56	6,21	0,97	9,05	0,76	7,44 6,05 5,83 5,36	0,76 0,76 0,76 0,76	12,05 10,66 10,44 9,97	0,76 0,76 0,76 0,76
<b>SSOP, VSOP, QSOP</b>	Plastic Shrink (pitch) Small Outlines, L lead	16 à 64	11,95	2,23	16,28	2,60	14,67	2,60	19,28	2,60

Désignation courante	Description	Np	$\lambda_{0RH}$		$\lambda_{0TCy\_Boîtier}$		$\lambda_{0TCy\_Joints}$ brasés		$\lambda_0$ mécanique	
			a	b	a	b	a	b	a	b
<b>TSSOP, MSOP, <math>\mu</math>SO, <math>\mu</math>MAX, TVSOP</b>	Thin Shrink Small Outlines, L lead	8 à 28 >28 à 48 56 64	11,57	2,22	15,56	2,66	13,95 13,21 12,56 12,16	2,66 2,66 2,66 2,66	18,56 17,86 17,17 16,76	2,66 2,66 2,66 2,66
<b>QFN, DFN, MLF</b>	Quad Flat No lead (package without lead)	8-24 28-56 64-72	8,97	1,14	11,2	1,21	8,12 7,90 7,71	1,14	11,34 11,12 10,93	1,21
<b>PBGA CSP BT 0.8 et 0.75 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 0.8 mm et 0.75 mm	48 à 384	9,7	1,50	12,13	1,49	9,13	1,49	12,82	1,49
<b>PBGA flex 0.8 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 0.8 mm et 0.75 mm	48 à 288	9,7	1,50	12,13	1,49	8,57	1,49	12,26	1,49
<b>PBGA BT 1.00 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 1.0 mm	64 à 1156	6,2	0,81	10,89	1,00	7,67	1,00	11,36	1,00
<b>PBGA 1.27mm</b>	Plastic Ball Grid Array, with solder ball pitch = 1.27 mm	119 à 352 >352 à 432 >432 à 729	6,87	0,90	10,36	0,93	7,36 7,14 6,67	0,93 0,93 0,93	11,05 10,83 10,36	0,93 0,93 0,93
<b>Power BGA (TBGA SBGA...)</b>	Tape BGA, PBGA with heat sink, die top down pitch=1.27 mm Super BGA, PBGA with heat sink, die top down Pitch=1.27 mm	256 à 352 >352 à 956	9,44	1,31	15,73	1,68	12,73 12,33	1,68 1,68	16,42 16,02	1,68 1,68
<b>CBGA</b>	Ceramic Ball Grid Array	255 à 1156	11,78	1,72	15,37	1,87	11,56	1,87	14,56	1,87
<b>DBGA</b>	Dimpled BGA	255 à 1156	11,78	1,72	15,37	1,87	12,15	1,87	15,15	1,87
<b>CI CGA</b>	Ceramic Land GA + interposer, Ceramic column GA	255 à 1156	11,78	1,72	15,37	1,87	11,81	1,87	14,81	1,87
<b>CPGA</b>	Ceramic Pin Grid Array	68 à 250 >250 à 655	$\lambda_{0RH}=0$		8,07	0,93	5,77 4,85	0,93 0,93	8,76 7,85	0,93 0,93

Note :

- Pour les boîtiers hermétiques le taux de défaillance lié à l'atmosphère humide est nul ( $\lambda_{0RH}=0$ ).
- Les taux de défaillance de base pour les joints brasés ont été estimés à partir d'hypothèses sur le type de circuit imprimé (le type retenu est FR4), l'écart de CTE entre PCB et composant, le matériau des broches, le cambrage des broches des CQFP, le type de substrat des CBGA, Flex BGA, PBGA. Ces paramètres influent sur la fiabilité mais ne sont pas usuellement traitables dans le cadre d'une étude de fiabilité prévisionnelle.
- Certains boîtiers de Discrets Actifs sont également utilisés pour les Circuits Intégrés. En particulier les types «SMD, small signal, L-lead, plastic», «SMD, medium power, small heatsink, L-lead, plastic», «Through hole, power, plastic», «SMD, power, large heatsink, L-lead, plastic». Pour les taux de défaillances de ces boîtiers, se reporter à la fiche des composants Discrets Actifs.

**Taux de défaillance de base associés à la puce**

Type	$\lambda_{0TH}$
FPGA, CPLD, FPGA Antifusible, PAL	0,166
Circuit Analogique et Mixte (MOS, Bipolaire, BiCMOS)	0,123
Microprocesseur, Microcontrôleur, DSP	0,075
Flash, EEPROM, EPROM	0,060
SRAM	0,055
DRAM	0,047
Circuit Numérique (MOS, Bipolaire, BiCMOS)	0,021

## Notes :

- Mixte = analogique et numérique.
- Pour les ASIC, se reporter au modèle ASIC.

### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$ :	temps associé à chaque phase sur une année (heures)
$RH_{\text{ambiante}}$ :	taux d'humidité associé à une phase (%)
$T_{\text{ambiante-carte}}$ :	température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$ :	amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$ :	température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$ :	nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$ :	durée du cycle (heures)
Grms :	niveau vibratoire associé à chaque phase de vibrations aléatoires (Grms)

### Renseignements liés à l'application

$T_{\text{J-composant}}$ :	température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)
$T_{\text{J-composant}} = T_{\text{ambiante}} + R_{\text{JA}} \cdot P_{\text{dissipée}}$	
$P_{\text{dissipée}}$ :	puissance dissipée par le composant dans la phase (W)

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{j-composant}} + 273)} \right]$ <p>En phase de fonctionnement : e</p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{TCy}}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Méca}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>

## Application Specific Integrated Circuit (ASIC)

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda_{\text{ASIC}} = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{Process\_AS IC}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$$

Les ASIC sont modélisés comme les autres circuits intégrés, avec des spécificités décrites dans cette fiche.

Les facteurs  $\lambda_{\text{Physique}}$  et  $\Pi_{\text{Process}}$  sont ceux définis pour la famille Circuits Intégrés. Les  $\lambda_{\text{OTH}}$  à appliquer pour les différents types d'ASIC sont précisés ci-après.

### Modèle associé au Facteur « $\Pi_{\text{Process\_ASIC}}$ »

Le facteur  $\Pi_{\text{Process\_ASIC}}$  permet de prendre en compte :

- Le respect d'une méthodologie formelle de développement (type DO254, COCISPER...) ainsi que le niveau de maîtrise des sous-traitants par le maître d'œuvre, dans le cas d'un montage de projet à plusieurs intervenants (fondeur, assembleur, maison de test...).
- La bonne maîtrise en production ainsi que les surveillances adéquates dans le process de fabrication de l'ASIC.

$$\Pi_{\text{Process\_AS IC}} = e^{1,39 \times (1 - \text{ASIC\_Grade})}$$

En l'absence d'évaluation du  $\Pi_{\text{Process\_ASIC}}$ , la valeur par défaut de 2,5 est proposée. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.

Le facteur ASIC\_Grade est calculé à partir d'un questionnaire sur le processus de développement de l'ASIC.

$$\text{ASIC\_Grade} = \frac{\sum \text{valeurs du tableau ci après}}{100}$$

N°	Facteurs influençant l'ASIC_Grade	Valeur (si vrai)	Valeur (si faux)
Développement, et conception : Recommandations liées à la conception de l'ASIC ainsi qu'au management du projet			
1	Application d'une méthodologie formelle en phase de conception (DO254, COCISPER, ...)	10	0
2	Existence d'un plan de maîtrise des sous-traitants (intervenants dans le projet)	10	0
3	Le plan de maîtrise des sous-traitants couvre l'ensemble des intervenants du projet (maîtrise de l'ensemble du cycle de vie)	10	0
4	Sélection de sous-traitants expérimentés dans la technologie, la fonctionnalité, et le niveau de complexité visés	10	0
5	Sélection de sous-traitants expérimentés pour prendre en compte la complexité de l'organisation industrielle du projet	5	0
6	Pilotage formel (avec revues) des sous-traitants (fondeur, assembleur, et «test house») par le «design center»	5	0
7	Organisation industrielle déjà pratiquée	5	0
8	Aucun sous-traitant avec retour d'expérience défavorable	5	0
Fabrication : Recommandations liées à la fabrication et à la surveillance du process de fabrication de l'ASIC			
9	Mise en œuvre d'une technologie mature et non-vieillissante	15	0
10	Mise en œuvre d'un recuit des Wafers	10	0
11	Test fonctionnel de l'ASIC en 3 températures	15	0

La plage de variation du facteur  $\Pi_{Process\_ASIC}$  est de 1 (pour la meilleur processus) à 4 (pour le pire processus).

**Modèle associé au facteur  $\Pi_{PM}$**

$$\Pi_{PM} = e^{1,39 \times (1 - Part\_Grade) - 0,69}$$

$$Part\_Grade = \left[ \frac{(AQ_{fabricant} + AQ_{composant} + AF_{composant}) \times \varepsilon}{36} \right]$$

Les facteurs  $AQ_{fabricant}$ ,  $AQ_{composant}$  et  $AF_{composant}$  sont ceux définis pour la famille Circuits Intégrés.

**Modèle associé au facteur d'expérience  $\varepsilon$**

Comme pour les Circuits Intégrés, le facteur epsilon doit traduire l'expérience que l'acheteur a de son fournisseur. Pour les ASIC, il faut veiller à prendre en compte le cas des fabricants/fondeurs qui proposent des technologies vieillissantes, peu maintenues ou des technologies trop récentes. Ces cas seront assimilés à une «petite série» (avec  $\varepsilon=2$ ).

Description du risque lié à l'utilisation de ce fabricant/fondeur	$\epsilon$
Fabricant reconnu : procédés mûres pour le produit considéré	4
Fabricant reconnu : procédés non analysés ou non mûres pour le produit considéré	3
Fabricant non reconnu (par exemple jamais audité ou audité depuis plus de 6 ans) ou fabrication de petites séries ou technologie ASIC vieillissante ou non mûre	2
Précédente disqualification ou problème majeur en retour d'exploitation	1

**Taux de défaillance de base associés à la puce**

Type de technologie	Type de fonction ASIC	$\lambda_{0TH}$
Silicium MOS	ASIC numérique fonction simple	0,021
	ASIC numérique fonction complexe (avec IP et/ou cœur de $\mu$ P, blocs de mémoire)	0,075
	ASIC analogique, mixte	0,123
Silicium Bipolaire, BICMOS	ASIC numérique	0,021
	ASIC mixte, analogique	0,123

## Discrets Actifs

### Modèle général associé à la famille

$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$  avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Boitier}} \times \Pi_{\text{TCy Boitier}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + \lambda_{0\text{Méca}} \times \Pi_{\text{Méca}} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Circuit Discret actif	8	2	1	5,20

### $\Pi_{\text{PM}}$ : Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon l'une des normes suivantes : AEC Q101, MIL-PRF-19500 JANS, ESCC 5xxx niveau B, NASDA-QTS-xxxx classe I	Supérieur	3
Qualification fabricant intégrant les essais conformément aux normes JESD22, EIAJ-ED-4701, MIL-STD-750 et identification des sites de fabrication «front-end» et «back-end» ; Qualification selon l'une des normes suivantes : MIL-PRF-19500 JANTX ou JANTXV, ESCC 5xxx niveau C, NASDA-QTS-xxxx classe II	Equivalent	2
Qualification selon MIL-PRF-19500 JAN ou programme de qualification interne au fabricant et sites de fabrication non identifiés	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0



**$\Pi_{PM}$  : Modèle associé au facteur  $AF_{composant}$**

Intitulé de l'essai de vieillissement accéléré	High Temperature Reverse Bias (HTRB)	High Temperature Gate Bias (HTGB)	Intermittent Operating Life <sup>(2)</sup> Ou Power and Temperature Cycle <sup>(2)</sup>	Pré-conditionnement avant TC, THB ou HAST	Temperature Cycling (TC)	Pressure Cooker Test (PCT)	High Humidity High Temperature Reverse Bias (H <sup>2</sup> TRB)	
Normes de référence	EIA JESD-22-A108 A ou équivalent	EIA JESD-22-A108 A ou équivalent	MIL-STD-750 Method 1037 EIA JESD22 A-105	EIA JESD-22-A113A ou équivalent	EIA JESD-22-A104 ou équivalent	EIA JESD-22-A102 ou équivalent	EIA JESD-22-A101 ou équivalent	
Résultats de l'essai								Risque $AF_{composant}$
<b>Très fiable niveau A</b>	1000h, 125°C, 80% à 100% de la tension nominale, 231/0 <sup>(1)</sup> 1500/0*	1000h, 150°C, 80% à 100% de la tension nominale 231/0 <sup>(1)</sup> 1500/0*	Ta=25°C. composant polarisé pour avoir $\Delta T_j \geq 100^\circ\text{C}$ (sans atteindre les absolute maximum ratings) 231/0 <sup>(1)</sup> 1500/0*	effectué	1000 cycles -55°C /+150°C ou 500 cycles - 65°C/+150°C 231/0 ou 1000 cycles -55°C/125°C 385/0	2000 h à 85°C/85% RH 154/0	168 h à 130°C/ 85%RH 231/0	<b>3</b>
<b>Très fiable niveau B</b>	1000h, 125°C, 80% à 100% de la tension nominale, 154/0 <sup>(1)</sup> 900/0*	1000h, 150°C, 80% à 100% de la tension nominale 154/0 <sup>(1)</sup> 900/0*	Ta=25°C. composant polarisé pour avoir $\Delta T_j \geq 100^\circ\text{C}$ (sans atteindre les absolute maximum ratings) 154/0 <sup>(1)</sup> 900/0*	effectué	1000 cycles -55°C /+125°C, 154/0	96 h à 121°C / 100%RH, 154/0	2000 h à 85°C/85%RH 154/0	<b>2</b>
<b>Fiable</b>	1000h, 150°C, 80% à 100% de la tension nominale, 77/0 <sup>(1)</sup> 231/0*	1000h, 150°C, 80 à 100% tension de la nominale, 77/0 <sup>(1)</sup> 231/0*	Ta=25°C. composant polarisé pour avoir $\Delta T_j \geq 100^\circ\text{C}$ (sans atteindre les absolute maximum ratings), 77/0 <sup>(1)</sup> 231/0*	effectué	500 cycles -55°C /+125°C, 154/0	96 h à 121°C / 100%RH, 77/0	1000 h à 85°C/85%RH, 154/0	<b>1</b>
<b>Non fiable</b>	Dimensionnement inférieur au niveau fiable			Non effectué	Dimensionnement inférieur au niveau fiable			<b>0</b>

Chaque case du tableau contient un descriptif des conditions d'essai avec le résultat attendu sous la forme XXX/Y où XXX est le nombre de pièces en essai et Y le nombre de défaut (en pratique Y=0)

(1) : Applicable à un article ou à un procédé Front End pour un boîtier déterminé.

(2) : Conditions d'essais telles que définies dans l' AEC-Q101.

\* : applicable à tous les procédés Front End pour un boîtier déterminé.

En cas d'hétérogénéité dans les niveaux entre les différents types d'essais, le niveau retenu sera le plus faible.

Taux de défaillance de base associés aux boîtiers

Boîtier	Noms équivalents	Désignation	$\lambda_{0RH}$	$\lambda_{0Tcy}$ Boîtier	$\lambda_{0Tcy}$ Joints brasés	$\lambda_0$ Mécanique
CB417		Through hole, small signal, plastic	0,0310	0,00110	0,0055	0,00011
CB429						
DO13	DO202AA					
DO15	DO204AC					
DO27	DO201AA					
DO35	DO204AH					
DO41	DO204AL					
DO92						
F126						
SIL, SIP	SIL, SIP, ZIP					
TO92	SOT54, SC43, TO226AA					
TO126	SOT32, TO225AA					
TO202						
SOT23-3	TO236AB					
SOT23-5	SC74A, SOT25					
SOT23-6	SC74, SOT26, SOT457					
SOT143	TO253AA, SC61B					
SOT323	SC70					
SOT346	SC59, TO236AA					
SOT353	SC70-5, SC88A					
SOT363	SC70-6, SC88					
SOD123						
SOD323	SC76					
SOD523	SC79					
SOT223	SC73, TO261AA	SMD, medium power, small heatsink, L-lead, plastic	0,0126	0,00091	0,00455	0,000091
SOT243						
SOT343	SC82					
SOT89	SC62, TO243AA					
SOT194						
TO218	ISOWATT218	Through hole, power, plastic	0,0589	0,00303	0,01515	0,0003
TO220	TO220-5, ISOWATT220, TO220XX					
TO247	Max247, Super247, SOT429					
ISOWATT						
DO220						
IPACK	TO251AA					
SOT82	TO225					
SOD6	DO214AA, SMB-J	SMD, small signal, C-lead, plastic	0,0124	0,00091	0,00455	0,00009
SOD15	DO214AB, SMC-J					
DKPAK	TO252AA, SC63, SOT428	SMD, power, large heatsink, L-lead, plastic	0,0335	0,00413	0,02065	0,00041
D2PAK	TO263, SC83A, SMD220					
D3PAK	TO268					
ISOTOP	SOT227, TO244, Half-Pak	SMD, high power, screw, plastic	0,99	0,03333	0,16665	0,0033
SOD80	Mini-MELF, DO213AA	SMD, Hermetically sealed glass	0	0,00781	0,03905	0,00078
SOD87	MELF, DO213AB					
TO18	TO71, TO72, SOT31, SOT18	Through hole, metal	0	0,0101	0,0505	0,00101
TO39	SOT5					
TO52						

Notes :

- Pour les boîtiers hermétiques le taux de défaillance lié à l'atmosphère humide est nul.
- Certains boîtiers de Circuits Intégrés sont également utilisés pour les Discrets Actifs. En particulier les types «Thin Shrink Small Outlines, L lead, plastic (TSSOP)», «Thin Small Outlines, leads on long edges, L lead, plastic (TSOP)» et « Plastic Small Outlines, L lead,

plastic (SO)». Pour les taux de défaillances de ces boîtiers, se reporter à la fiche des composants Circuits Intégrés.

**Taux de défaillance de base associés à la puce**

<b>Diodes de faible puissance</b>	$\lambda_{0TH}$	<b>Diodes de puissance</b>	$\lambda_{0TH}$
Diodes de signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor)	0,0044	Thyristors, triacs de plus de 3A	0,1976
Diodes de redressement 1A à 3A	0,0100	Diodes de redressement > 3A	0,1574
Diodes de régulation Zener jusqu'à 1,5W	0,0080	Diodes de régulation Zener de plus de 1,5W	0,0954
Diodes de protection jusqu'à 3kW (en crête 10ms/ 100ms) (TVS)	0,0210	Diodes de protection de plus de 3kW (en crête 10ms/ 100ms) (TVS)	1,4980

<b>Transistors de faible puissance</b>	$\lambda_{0TH}$	<b>Transistors de puissance</b>	$\lambda_{0TH}$
Silicium, bipolaire < 5W	0,0138	Silicium, bipolaire > 5W	0,0478
Silicium, MOS < 5W	0,0145	Silicium, MOS > 5W	0,0202
Silicium, JFET < 5W	0,0143	IGBT	0,3021

Lorsque N éléments (diodes, transistor) sont implantés dans un même boîtier, il faut multiplier le  $\lambda_{0TH}$  par  $\sqrt{N}$ .

### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)

### Renseignements liés à l'application

- $T_{J\_composant}$  : température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)
- $T_{J\_composant} = T_{\text{ambiante}} + R_{JA} \cdot P_{\text{dissipée}}$
- $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant dans la phase (W)
- $V_{\text{appliquée}}$  : tension inverse appliquée dans la phase, pour les diodes signal uniquement (V)

### Renseignements liés à la technologie

- $V_{\text{nominale}}$  : tension inverse nominale (V), pour les diodes signal uniquement

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{El} \times e^{11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j\_composant} + 273)} \right]}</math></p> <p>Pour les diodes signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor) :</p> $\Pi_{El} = \left( \frac{V_{\text{appliquée}}}{V_{\text{nominale}}} \right)^{2,4} \text{ si } \frac{V_{\text{appliquée}}}{V_{\text{nominale}}} > 0,3$ $\Pi_{El} = 0,056 \text{ si } \frac{V_{\text{appliquée}}}{V_{\text{nominale}}} \leq 0,3$ <p>Pour les autres types d'article :</p> $\Pi_{El} = 1$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{TCy}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{TCy}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Méca}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$	$\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{RH} = 0</math></p>

## Diodes Electroluminescentes (DEL)

**Modèle général associé à la famille**

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$  avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Boitier}} \times \Pi_{\text{TCy Boitier}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + \lambda_{0\text{Méca}} \times \Pi_{\text{Méca}} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

**Facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

	Sensibilité relative (note sur 10)			<b><math>C_{\text{sensibilité}}</math></b>
	EOS	MOS	TOS	
<b>Diode Electroluminescente (DEL)</b>	7	2	3	4,85

**Modèle associé au facteur fabrication composant  $\Pi_{\text{PM}}$**

Le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  est le même que pour les composants Discrets Actifs.

**Taux de défaillance de base associés aux boîtiers**

Courant Direct $I_F$ maximal	CMS ou Traversant	Type de boîtier		Nombre de broche	$\lambda_{0RH}$	$\lambda_{0Tcy}$ Boîtier	$\lambda_{0Tcy}$ Joints brasés	$\lambda_{0}$ Mécanique
$I_F < 150mA$	Traversant	T1-x	Plastique	2 à 4	0,0034	0,0104	0,0520	0,0052
		High flux		4				
	CMS	Chip		2				
		PLCC		Mini 2				
				2				
				3				
				4				
		6						
		Rond		2				
		LGA		Plastique				
	Céramique							
	Autre	Plastique		Indifférent				
Céramique								
$I_F \geq 150mA$	CMS	Plastique	Indifférent	0,0031	0,0042	0,0420	0,0064	
		Céramique				0,1470	0,0735	

**Taux de défaillance de base associés à la puce**

Diode électroluminescente (DEL)	$\lambda_{0TH}$
COULEUR	0,01
BLANCHE	0,05

Lorsque N diodes (couleur ou blanche) sont disposés dans un même boîtier, il faut multiplier le  $\lambda_{0TH}$  par  $\sqrt{N}$ . Certaines diodes blanches sont composées de trois diodes couleur ; pour ces diodes blanches, il ne faut pas calculer le  $\lambda_{0TH}$  individuel à partir du  $\lambda_{0TH}$  de 3 diodes couleur, mais prendre le  $\lambda_{0TH}$  donné dans le tableau.

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)

**Renseignements liés à l'application**

- $T_{J\_composant}$  : température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)
- $T_{J\_composant} = T_{\text{ambiante}} + R_{JA} \cdot P_{\text{dissipée}}$
- $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant dans la phase (W)
- $V_{\text{appliquée}}$  : tension inverse appliquée dans la phase, pour les diodes signal uniquement (V)

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement : <math>e^{11604 \times 0,4 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j\_composant} + 273)} \right]}</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{TCy}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{TCy}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Méca}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$	<p><math>\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}</math></p> <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{RH} = 0</math></p>

## Optocoupleurs

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Boitier}} \times \Pi_{\text{TCy Boitier}} \\ + (\lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} + \lambda_{0\text{TCy Puce}}) \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + (\lambda_{0\text{Méca boîtier}} + \lambda_{0\text{Méca Puce}}) \times \Pi_{\text{Méca}} \end{array} \right) \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
<b>Optocoupleur</b>	8	2	1	5,20

### Modèle associé au facteur fabrication composant $\Pi_{\text{PM}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  est le même que pour les composants Discrets Actifs.

### Taux de défaillance de base associés à la puce

Description du composant	Energie d'activation (eV)	$\lambda_{0\_Th}$	$\lambda_{0\text{TCY\_puce}}$	$\lambda_{0\text{MECA\_puce}}$
Optocoupleur à photodiode	0,4	0,05	0,01	0,005
Optocoupleur à phototransistor	0,4	0,11	0,021	0,011

Lorsque N optocoupleurs sont disposés dans un même boîtier, il faut multiplier les  $\lambda_{0\_Th}$ ,  $\lambda_{0\text{TCY\_puces}}$ , et  $\lambda_{0\text{MECA\_puces}}$  par  $\sqrt{N}$ .

Les valeurs de  $\lambda_{0\text{TCy Boitiers}}$ ,  $\lambda_{0\text{TCy Joints Brasés}}$ ,  $\lambda_{0\text{Méca\_boîtier}}$  et  $\lambda_{0\text{RH}}$  sont à rechercher dans les tableaux des taux de défaillance de base associés aux boîtiers des circuits intégrés ou des discrets actifs.



### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)  
 $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)  
 $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)  
 $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)  
 $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)  
 $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)  
 $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)

### Renseignements liés à l'application

- $T_{\text{J-composant}}$  : température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)  
 $T_{\text{J-composant}} = T_{\text{ambiante}} + R_{\text{JA}} \cdot P_{\text{dissipée}}$   
 $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant dans la phase (W)

### Contributions associées aux stress Physiques :

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$11604 \times 0,4 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{j-composant}} + 273)} \right]$ En phase de fonctionnement : e En phase de non-fonctionnement : $\Pi_{\text{Thermique}} = 0$
$\Pi_{\text{TCy}}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{TCy}}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Méca}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ En phase de fonctionnement : $\Pi_{\text{RH}} = 0$

## Résistances

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

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

### Facteur C<sub>sensibilité</sub>

	Sensibilité relative (note sur 10)			C <sub>sensibilité</sub>
	EOS	MOS	TOS	
Résistance fixe à couche à faible dissipation haute stabilité (RS), d'emploi courant (RC), « Minimelf »	5	2	4	3,85
Résistance fixe à couche à forte dissipation	2	3	1	2,25
Résistance fixe bobinée de précision à faible dissipation	2	1	3	1,75
Résistance fixe bobinée à forte dissipation	2	3	1	2,25
Potentiomètre non bobiné ( CERMET )	1	5	2	2,50
Chip résistif	5	4	6	4,75
Réseau résistif CMS	4	5	3	4,25
Résistance de précision, haute stabilité à feuille métallique gravée	6	6	4	5,8

### Facteur AQ<sub>composant</sub>

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	AQ <sub>composant</sub>
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- niveau C, ESCC 400x niveau B, NASDA-QTS-xxxx classe I	Supérieur	3
Qualification selon l'une des normes suivantes : MIL-PRF-xxx niveau P, MIL-PRF-xxxx niveau B, ESCC 400x niveau C, NASDA-QTS-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

Note : Ce facteur est établi de cette façon pour tous les composants passifs. Le standard MIL-PRF ou NASDA-QTS adéquat pour la famille d'article concernée doit être considéré.

**Taux de défaillance de base associés au composant**

Description du composant		$\lambda_0$ -Résistance	A (°C)	$\gamma_{TH-EL}$	$\gamma_{TCy}$	$\gamma_{Méca}$	$\gamma_{RH}$	
Résistance fixe à couche à faible dissipation haute stabilité (RS), d'emploi courant (RC), « Minimelf »		0,1	85	0,04	0,89	0,01	0,06	
Résistance fixe à couche à forte dissipation		0,4	130	0,04	0,89	0,01	0,06	
Résistance fixe bobinée de précision à faible dissipation		0,3	30	0,02	0,96	0,01	0,01	
Résistance fixe bobinée à forte dissipation		0,4	130	0,01	0,97	0,01	0,01	
Potentiomètre non bobiné (CERMET)		0,3	65	0,42	0,35	0,22	0,01	
Chip résistif		0,01	70	0,01	0,97	0,01	0,01	
Réseau résistif CMS		$0,01 \times \sqrt{N_R}$	70	0,01	0,97	0,01	0,01	
Résistance de précision, haute stabilité à feuille métallique gravée	CMS	<10k $\Omega$	0.18	85	0.14	0.53	0.07	0.26
		10k $\Omega$ <...< 100k $\Omega$	0.21	85	0.10	0.54	0.06	0.30
		>100k $\Omega$	0.25	85	0.07	0.55	0.05	0.33
	Traversant	<10k $\Omega$	0.14	85	0.18	0.43	0.08	0.31
		10k $\Omega$ <...< 100k $\Omega$	0.18	85	0.12	0.44	0.07	0.37
		>100k $\Omega$	0.21	85	0.08	0.45	0.06	0.41

Pour les réseaux résistifs,  $N_R$  est le nombre de résistances du réseau.

### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$ :	temps associé à chaque phase sur une année (heures)
$RH_{\text{ambiante}}$ :	taux d'humidité associé à une phase (%)
$T_{\text{ambiante-carte}}$ :	température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$ :	amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$ :	température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$ :	nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$ :	durée du cycle (heures)
$G_{\text{RMS}}$ :	niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements liés à l'application

$P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant dans la phase (W)

### Renseignements liés aux caractéristiques techniques

$P_{\text{nominale}}$  : puissance maximale admissible par le composant spécifiée par le fournisseur (W)

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{TH-EL}} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{T_{\text{ambiante-carte}} + 273 + A \times \frac{P_{\text{appliquée}}}{P_{\text{nominale}}}} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{T_{\text{max-cyclage}} + 273} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\gamma_{\text{Méca}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$\gamma_{\text{RH}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{T_{\text{ambiante-carte}} + 273} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>

## Fusibles

### Remarque préliminaire

Prévoir la fiabilité des fusibles constitue un problème particulier. Contrairement aux autres composants il y a très peu de corrélation entre le remplacement d'un fusible et sa défaillance. Généralement quand un fusible s'ouvre et qu'il faut le remplacer c'est qu'il a correctement rempli sa fonction. Par contre un fusible qui n'a pas assuré d'ouverture alors qu'il aurait dû ne sera pas forcément diagnostiqué en panne. L'utilisation de la fiabilité prévisionnelle du fusible doit donc se faire avec prudence.

### Modèle général associé à la famille

$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$  avec :

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

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Fusible	6	6	4	5,8

### Facteur $AQ_{\text{composant}}$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon MIL-PRF-23419 ou équivalent	Supérieur	3
Certification selon l'IEC 60127 ou équivalent	Equivalent	2
Pas d'information	Inférieur	0

### Taux de défaillance de base associés au composant

$$\lambda_{0\_Fusible} = 0,5$$

Le  $\lambda_{0\_Fusible}$  est à considérer pour les types de fusibles : A tube verre, à tube céramique, enfichables, traversants, CMS, chip (à substrat FR4 ou céramique).

Le modèle ne comprend pas un éventuel support de fusible (qui peut être modélisé comme un connecteur support de composant à 2 contacts).

### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$ :	temps associé à chaque phase sur une année (heures)
$RH_{\text{ambiante}}$ :	taux d'humidité associé à une phase (%)
$T_{\text{ambiante-carte}}$ :	température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$ :	amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$ :	température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$ :	nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$ :	durée du cycle (heures)
$G_{\text{RMS}}$ :	niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
Niveau de pollution (voir tables)	

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

### Renseignements liés à l'application

$I_{\text{appliqué}}$  : Courant dans le fusible dans la phase (A)

### Renseignements liés aux caractéristiques techniques

$I_{\text{nominal}}$  : Courant nominal admissible par le fusible sans ouverture (A)

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $0,13 \times \left( \frac{1}{0,8} \times \frac{I_{\text{appliqué}}}{I_{\text{nominal}}} \right)^{1,5} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$0,51 \times \left( \frac{12 \cdot N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$0,06 \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$0,24 \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{CHI}}$	$0,06 \times \Pi_{\text{Sal}} \times \Pi_{\text{Envir}} \times \Pi_{\text{Zone}} \times \Pi_{\text{Prot}}$

## Condensateurs Céramique

### Modèle général associé à la famille

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

avec :

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

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I)	7	6	1	6,05
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II)	7	6	1	6,05

### Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Ce facteur est établi comme pour les résistances.

**Taux de défaillance de base associés au composant**

Description du composant	$\lambda_{0\_Condensateur}$	Energie d'activation (eV)	$S_{référence}$	$\gamma_{TH-EL}$	$\gamma_{TCy}$	$\gamma_{Méca}$
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV faible	0,03	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV moyen	0,05	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV fort	0,40	0,1	0,3	0,69	0,26	0,05
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV faible	0,08	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV moyen	0,15	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV fort	1,20	0,1	0,3	0,44	0,51	0,05
Condensateur en céramique à terminaisons polymères à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV faible	0,08	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02
Condensateur en céramique à terminaisons polymères à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV moyen ou fort	0,15	0,1	0,3	0,70	0,28	0,02

**Produit CV**

	Type I	Type II
Produit CV faible	Inférieur à $1,0 \cdot 10^{-9}$ V.F	Inférieur à $1,0 \cdot 10^{-7}$ V.F
Produit CV moyen	Compris entre $1,0 \cdot 10^{-9}$ V.F et $1,0 \cdot 10^{-7}$ V.F	Compris entre $1,0 \cdot 10^{-7}$ V.F et $1,0 \cdot 10^{-5}$ V.F
Produit CV fort	Supérieur à $1,0 \cdot 10^{-7}$ V.F	Supérieur à $1,0 \cdot 10^{-5}$ V.F



### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$ :	temps associé à chaque phase de fonctionnement sur une année (heures)
$T_{\text{ambiante-carte}}$ :	température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$ :	amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$ :	température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$ :	nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$ :	durée du cycle (heures)
$G_{\text{RMS}}$ :	stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements liés à l'application

$V_{\text{appliquée}}$  : tension appliquée au composant dans la phase (V)

### Renseignements liés aux caractéristiques techniques

$V_{\text{nominale}}$  : tension maximale applicable au composant spécifiée par le fournisseur (V)

### Contributions associées aux stress Physiques

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

## Condensateurs Aluminium

**Modèle général associé à la famille**

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

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

avec :

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

**Facteur C<sub>sensibilité</sub>**

	Sensibilité relative (note sur 10)			C <sub>sensibilité</sub>
	EOS	MOS	TOS	
Condensateur Aluminium électrolyte liquide	7	7	1	6,40
Condensateur Aluminium électrolyte solide	7	7	1	6,40

**Modèle associé au facteur AQ<sub>composant</sub>**

Ce facteur est établi comme pour les résistances.

**Taux de défaillance de base associés au composant**

Description du composant	$\lambda_{0\_Condensateur}$	Energie d'activation Ea (eV)	S <sub>référence</sub>	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$
Condensateur Aluminium électrolyte liquide	0,21	0,40	0,5	0,85	0,14	0,01
Condensateur Aluminium électrolyte solide	0,4	0,40	0,55	0,85	0,14	0,01

### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase de fonctionnement sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements liés à l'application

- $V_{\text{appliquée}}$  : tension appliquée au composant dans la phase (V)

### Renseignements liés aux caractéristiques techniques

- $V_{\text{nominale}}$  : tension maximale applicable au composant spécifiée par le fournisseur (V)

### Contributions associées aux stress Physiques

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

## Condensateurs au Tantale

### Modèle général associé à la famille

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

avec :

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

### Facteur C<sub>sensibilité</sub>

	Sensibilité relative (note sur 10)			C <sub>sensibilité</sub>
	EOS	MOS	TOS	
Condensateur au tantale (électrolyte solide ou gélifié)	8	7	1	6,95

### Modèle associé au facteur AQ<sub>composant</sub>

Ce facteur est établi comme pour les résistances.

### Taux de défaillance de base associés au composant

#### Condensateur au tantale à électrolyte gélifié

Description du composant	$\lambda_{0\_Condensateur}$	Energie d'activation Ea (eV)	S <sub>référence</sub>	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$
Condensateur au tantale gélifié Boîtier argent, bouchon élastomère	0,77	0,15	0,6	0,87	0,01	0,12
Condensateur au tantale gélifié Boîtier argent, bouchon perles de verre	0,33	0,15	0,6	0,81	0,01	0,18
Condensateur au tantale gélifié Boîtier tantale, bouchon perles de verre	0,05	0,15	0,6	0,88	0,04	0,08

#### Condensateur au tantale à électrolyte solide

Description du composant	$\lambda_{0\_Condensateur}$	Energie d'activation Ea (eV)	S <sub>référence</sub>	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$
Condensateur au tantale solide Packaging Goutte	1,09	0,15	0,4	0,86	0,12	0,02
Condensateur au tantale solide Packaging CMS	0,54	0,15	0,4	0,84	0,14	0,02
Condensateur au tantale solide Packaging Métallique Axial	0,25	0,15	0,4	0,94	0,04	0,02

Remarques :

- Pour le condensateur tantale gélifié, prendre par défaut boîtier Argent et bouchon perles de verre.
- Pour le condensateur tantale solide, prendre par défaut packaging CMS.

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase de fonctionnement sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

**Renseignements liés à l'application**

$V_{\text{appliquée}}$  : tension appliquée au composant dans la phase (V)

**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

$V_{\text{nominale}}$  : tension maximale applicable au composant spécifiée par le fournisseur (V)

**Contributions associées aux stress Physiques**

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

## Composants Magnétiques : Inductances et Transformateurs

### Modèle général associé à la famille

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

avec :

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

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
<b>Inductance Bobinée, Faible Courant</b>	5	2	6	4,05
<b>Inductance Bobinée, Fort Courant (ou Puissance)</b>	10	7	1	8,05
<b>Inductance Multicouche</b>	4	6	1	4,40
<b>Transformateur, Faible Puissance (ou Bas Niveau)</b>	8	6	4	6,90
<b>Transformateur, Forte Puissance</b>	8	6	3	6,80

### Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Ce facteur est établi comme pour les résistances.

### Taux de défaillance de base associés au composant

Description du composant	$\lambda_{0\_Magnétique}$	Energies d'activation $E_a$ (eV)	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$	$\Delta T$ (°C)
Inductance Bobinée, Faible Courant (ou Bas Niveau)	0,025	0,15	0,01	0,73	0,26	10
Inductance Bobinée, Fort Courant	0,05	0,15	0,09	0,79	0,12	30
Inductance Multicouche	0,05	0,15	0,71	0,28	0,01	10
Transformateur, Faible Puissance (ou Bas Niveau)	0,125	0,15	0,01	0,73	0,26	10
Transformateur, Forte Puissance	0,25	0,15	0,15	0,69	0,16	30

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

**Renseignements liés à l'application**

$\Delta T$  : élévation de température du composant par rapport à l'ambiante (°C). Le tableau précédent donne des valeurs de  $\Delta T$  typiques à prendre en compte à défaut d'une meilleure estimation.

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{TH-EL}} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + \Delta T + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\gamma_{\text{Méca}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$

## Composants piézoélectriques : Oscillateurs et Quartz

### Modèle général associé à la famille

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

avec :

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

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Résonateur à quartz (boîtier type HCxx traversant)	1	10	5	4,55
Résonateur à quartz (montage en surface)	1	10	5	4,55
Oscillateur à quartz (boîtier type XO traversant)	8	10	2	8,10
Oscillateur à quartz (boîtier type XO, MCSO à montage en surface)	8	10	2	8,10

### Modèle associé au facteur $AQ_{\text{composant}}$

Ce facteur est établi comme pour les résistances.

### Taux de défaillance de base associés au composant

Description du composant	$\lambda_{0\_Piézoélectrique}$	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$	$\gamma_{\text{RH}}$
Résonateur à quartz (boîtier type HCxx traversant)	0,82	0,16	0,46	0,27	0,11
Résonateur à quartz (montage en surface)	0,79	0,16	0,59	0,15	0,1
Oscillateur à quartz (boîtier type XO traversant)	1,6	0,32	0,42	0,14	0,12
Oscillateur à quartz (boîtier type XO, MCSO à montage en surface)	1,63	0,31	0,53	0,07	0,09



### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements liés à l'application

- $I_{\text{sortie}}$  : courant fourni par le composant en fonctionnement dans l'application (A)

### Renseignements liés aux caractéristiques techniques

- $I_{\text{sortie-max}}$  : courant maximum que peut fournir le composant en fonctionnement (A)
- $T_{\text{ambiante-max fabricant}}$  : température maximum spécifiée par le fabricant (°C)

### Contributions associées aux stress Physiques

<b><math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}}</math></b>	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{TH-EL}} \times \Pi_{\text{rating\_TH}} \times \Pi_{\text{rating\_EL}}$ <p>Description des conditions d'utilisation : <span style="float: right;">Valeur de <math>\Pi_{\text{rating\_TH}}</math></span></p> <p><math>T_{\text{ambiante-carte}} &lt; (T_{\text{ambiante-max fabricant}} - 40^{\circ}\text{C})</math> <span style="float: right;">1</span></p> <p><math>T_{\text{ambiante-carte}} \geq (T_{\text{ambiante-max fabricant}} - 40^{\circ}\text{C})</math> <span style="float: right;">5</span></p> <p>Description des conditions d'utilisation : <span style="float: right;">Valeur de <math>\Pi_{\text{rating\_EL}}</math></span></p> <p>Résonateur à Quartz : <span style="float: right;">1</span></p> <p>Oscillateur : <math>I_{\text{sortie}} &lt; 0,8 \times I_{\text{sortie-max}}</math> <span style="float: right;">1</span></p> <p>Oscillateur : <math>I_{\text{sortie}} \geq 0,8 \times I_{\text{sortie-max}}</math> <span style="float: right;">5</span></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0</math></p>
<b><math>\Pi_{\text{TCy}}</math></b>	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
<b><math>\Pi_{\text{Mécanique}}</math></b>	$\gamma_{\text{Méca}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
<b><math>\Pi_{\text{RH}}</math></b>	$\gamma_{\text{RH}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>

## Relais électromécaniques monostables

**Modèle général associé à la famille**

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$  avec :

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

**Facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Relais électromécanique	7	10	2	7,55

**Facteur  $AQ_{\text{composant}}$**

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon l'une des normes suivantes : ESCC 360x, MIL-PRF-39016 (ou 83536 ou 6106) niveau R, NASDA-QTS-xxxx,	Supérieur	3
Qualification selon l'une des normes suivantes : MIL-PRF-39016 (ou 83536 ou 6106) niveau P, NASDA-QTS-xxxx,	Equivalent	2
Qualifié selon les normes EIA, IEC, SAE, BS	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

**Taux de défaillance de base associés au composant**

$\lambda_{0\text{Relais}} = 1,1$

**Renseignements liés au profil de d'emploi**

- $T_{amb}$  : température de l'article associé à une phase de fonctionnement (°C)
- $t_{annuel}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $\Delta T_{cyclage}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{max-cyclage}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{cy-annuel}$  : nombre de cycles associés à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{cy}$  : durée du cycle
- $G_{RMS}$  : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
- $RH_{ambiante}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- Niveau de pollution dans la phase (voir tables)

Niveau de pollution saline	$\pi_{sal}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\pi_{prot}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\pi_{zone}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\pi_{envir}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

**Renseignements liés à l'application**

- $V_{contact}$  : Tension vue aux bornes du contact (V)
- $I_{contact}$  : Courant traversant un contact (A)
- $U_{bobine}$  : Tension de commande du relais (V)
- $\Delta T_{relais}$  : Elévation de température dans le relais (°C). Par défaut, pour un relais activé continuellement, prendre  $\Delta T_{relais} = 45^{\circ}C$ .
- Nombre de manœuvres par heure dans la phase (voir table)
- Type de la charge (voir table)

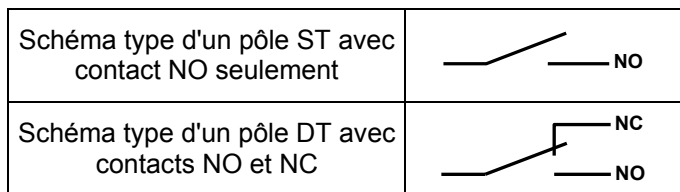
**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

- $V_{nominal}$  : tension nominale spécifiée aux bornes d'un contact (V)
- $I_{nominal}$  : courant nominal spécifié aux bornes d'un contact (A)
- $U_{nominal}$  : tension de commande nominale spécifiée du relais (V)
- $N_{ST}$  : nombre de pôles Simple Travail (ST), pôles dont n'est utilisé que le contact normalement ouvert (NO)
- $N_{DT}$  : nombre de pôles Double Travail (DT), pôles dont sont utilisés les contacts normalement ouvert (NO) et normalement connecté (NC)
- Type de finition du contact du relais (voir table)
- Pouvoir de coupure du relais (voir table)
- Type d'herméticité du relais (voir table)

**Attributs technologiques**

$$\pi_{\text{pôle}} = 1,25 \times N_{\text{DT}} + 0,5 \times N_{\text{ST}} + 0,5$$

Nombre de pôle et type de contact	$\pi_{\text{pôle}}$
SPST	1
DPST	1,5
3PST	2
4PST	2,5
SPDT	1,75
DPDT	3
3PDT	4,25
4PDT	5,5
6PDT	8



Type de charge	$\pi_{\text{type de charge}}$	$S_v$	$S_i$
Résistive	0,3	1	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Inductive	8	1	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Lampe à incandescence	4	$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Capacitive	6	$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	1

$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	$m_1$
$\leq 1$	3
$> 1$	8,8

$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$	$m_2$
$\leq 1$	3
$> 1$	5,9

Type de contact	$\pi_{\text{contact ME}}$	$\pi_{\text{contact RH}}$
Contact doré	1,5	1
Contact argent	1	2

Pouvoir de coupure	$\pi_{\text{coupure TH}}$	$\pi_{\text{coupure EL}}$	$\pi_{\text{coupure ME}}$
Pouvoir de coupure <2A	1,8	1,5	3
Pouvoir de coupure >2A	1,2	1,2	1

Nombre de manœuvres par heure	$\pi_{\text{manoeuvres}}$
$\leq 1$	1
$> 1$	$\sqrt{\text{Nombre de manoeuvre par heure}}$

Niveau de protection relais	$\pi_{\text{prot CHI}}$	$\pi_{\text{prot TCY}}$
Hermétique	0,01	1
Étanche	0,6	3
Non étanche	1	3

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$0,29 \times (1 + \Pi_{\text{chimique}}) \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times \Pi_{\text{contact TH}} \times \Pi_{\text{coupure TH}} \times e^{11604 \times 0,25 \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{273+T'} \right]}$ <p>Si <math>T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}} \leq 125^{\circ}\text{C}</math> alors <math>\Pi_{\text{contact TH}} = 1</math>                  Si <math>T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}} &gt; 125^{\circ}\text{C}</math> alors <math>\Pi_{\text{contact TH}} = \Pi_{\text{type contact ME}} \times \Pi_{\text{pôle}}</math></p> <p>En phase de fonctionnement :</p> <p>Si <math>T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}} \leq 0^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = 40-85/55 \times (T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}})</math>                  Si <math>0 &lt; T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}} \leq 40^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = 40^{\circ}\text{C}</math>                  Si <math>T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}} &gt; 40^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = T_{\text{amb}} + \Delta T_{\text{relais}}</math></p> <p>En phase de non fonctionnement :</p> $\Pi_{\text{Thermique}} = 0$
$\Pi_{\text{Electrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $0,55 \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{coupure EL}} \times \Pi_{\text{type de charge}} \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times S_V^{m_1} \times S_I^{m_2} \times \left( \frac{U_{\text{nominal}}}{U_{\text{bobine}}} \right)$ <p>En phase de non fonctionnement : <math>\pi_{\text{électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$0,02 \times \Pi_{\text{prot TCY}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{T_{\text{max-cyclage}} + 273} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$0,05 \times (1 + \Pi_{\text{chimique}}) \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{contact ME}} \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times \Pi_{\text{coupure ME}} \times \left[ \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right) \right]^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$0,09 \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{chimique}} \times \Pi_{\text{contact RH}} \times \left( \frac{\text{RH}_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{T_{\text{amb}} + 273} \right]}$ $\Pi_{\text{chimique}} = \Pi_{\text{sal}} \times \Pi_{\text{zone}} \times \Pi_{\text{envir}} \times \Pi_{\text{prot}} \times \Pi_{\text{Prot CHI}}$

## Interrupteurs et commutateurs

**Modèle général associé à la famille :**

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

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

**Facteur C<sub>sensibilité</sub>**

	Sensibilité relative (note sur 10)			C <sub>sensibilité</sub>
	EOS	MOS	TOS	
Interrupteurs et commutateurs	7	10	1	7,45

**Facteur AQ<sub>composant</sub>**



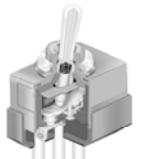

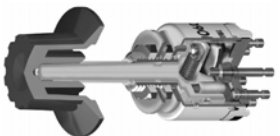


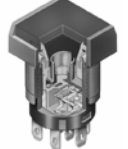
Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	AQ <sub>composant</sub>
Qualification selon l'une des normes suivantes : ESCC 370x niveau B, MIL-PRF-8805	Très supérieur	3
Qualification suivant MIL-C-xxxx, MIL-PRF-24236, ESCC 370x niveau C	Supérieur	2
Conforme à une des normes suivantes EIA, IEC, SAE, BS,	Equivalent	1
Pas d'information	Inférieur	0

**Taux de défaillance de base associés au composant**

**Interrupteur de fin de course**

Type	C <sub>TH</sub>	C <sub>TCy</sub>	C <sub>ME</sub>	C <sub>RH</sub>	C <sub>EL</sub>	λ <sub>0_interrupteur</sub>
Fin de course, microcontacts	1	1	1	1	1	0,85

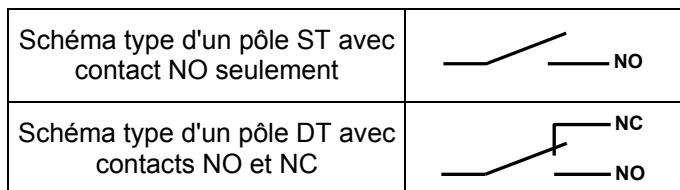
**Interrupteur à action manuelle**

Type	Illustration	C <sub>TH</sub>	C <sub>TCy</sub>	C <sub>ME</sub>	C <sub>RH</sub>	C <sub>EL</sub>	λ <sub>0_interrupteur</sub>
A bascule		1,11	0,56	1,11	0,56	0,56	0,85
A glissière		1,11	0,56	1,11	0,56	0,56	0,85
A levier		1,11	0,56	1,11	0,56	0,56	0,85
DIP		1,11	0,56	1,11	0,56	0,56	0,85
Rotatif		1,78	1,19	1,78	1,19	1,19	0,85
Roue codeuse		1,78	1,19	1,78	1,19	1,19	0,85
Bouton poussoir momentané (monostable)		1	1	1	1	1	0,85
Bouton poussoir permanent (bistable)		1,11	0,56	1,11	0,56	0,56	0,85

**Attributs technologiques**

$$\pi_{\text{pôle}} = 1,25 \times N_{\text{DT}} + 0,5 \times N_{\text{ST}} + 0,5$$

Nombre de pôle et type de contact	$\pi_{\text{pôle}}$
SPST	1
DPST	1,5
3PST	2
4PST	2,5
SPDT	1,75
DPDT	3
3PDT	4,25
4PDT	5,5
6PDT	8



Remarque : pour les interrupteurs rotatifs et roues codeuses tous les pôles sont à compter comme des DT (Double Travail) quel que soit le nombre de contacts par pôle.

Type de charge	$\pi_{\text{type de charge}}$	$S_v$	$S_i$
Résistive	0,3	1	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Inductive	8	1	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Lampe à incandescence	4	$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$
Capacitive	6	$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	1

$\frac{V_{\text{contact}}}{V_{\text{nominale}}}$	$m_1$
$\leq 1$	3
$> 1$	8,8

$\frac{I_{\text{contact}}}{I_{\text{nominal}}}$	$m_2$
$\leq 1$	3
$> 1$	5,9

Type de contact	$\pi_{\text{contact ME}}$	$\pi_{\text{contact RH}}$
Contact doré	1,5	1
Contact argent	1	2

Pouvoir de coupure	$\pi_{\text{coupure EL}}$	$\pi_{\text{coupure ME}}$
Pouvoir de coupure $< 2A$	1,5	3
Pouvoir de coupure $> 2A$	1,2	1

Nombre de manœuvres par heure	$\pi_{\text{manoeuvres}}$
$\leq 1$	1
$> 1$	$\sqrt{\text{Nombre de manoeuvre par heure}}$

Niveau de protection interrupteur	$\pi_{\text{prot CHI}}$	$\pi_{\text{prot TCY}}$
Hermétique	0,01	1
Étanche	0,6	3
Non étanche	1	3



**Renseignements liés au profil de vie**

- $T_{amb}$  : température de l'article associé à une phase de fonctionnement (°C)
- $t_{annuel}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $\Delta T_{cyclage}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{max-cyclage}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{cy-annuel}$  : nombre de cycles associés à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{cy}$  : durée du cycle
- $G_{RMS}$  : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
- $RH_{ambiante}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- Niveau de pollution dans la phase (voir tables)

Niveau de pollution saline	$\pi_{sal}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\pi_{prot}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\pi_{zone}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\pi_{envir}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

**Renseignements liés à l'application**

- $V_{contact}$  : tension vue aux bornes du contact
- $I_{contact}$  : courant traversant un contact
- Nombre de manœuvres par heure dans la phase (voir table)
- Type de la charge (voir table)

**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

- $V_{nominale}$  : tension nominale spécifiée aux bornes d'un contact
- $I_{nominal}$  : courant nominal spécifié aux bornes d'un contact
- $N_{ST}$  : nombre de pôles Travail (ST), pôles dont n'est utilisé que le contact normalement ouvert (NO)
- $N_{DT}$  : nombre de pôles Double Travail (DT), pôles dont sont utilisés les contacts normalement ouvert (NO) et normalement connecté (NC)
- Type de finition du contact de l'interrupteur (voir table)
- Pouvoir de coupure de l'interrupteur (voir table)
- Type d'herméticité de l'interrupteur (voir table)

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$0,21 \times C_{\text{TH}} \times (1 + \Pi_{\text{chimique}}) \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times \Pi_{\text{contact TH}} \times e^{11604 \times 0,25 \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{273+T'} \right]}$ <p>Si <math>T_{\text{amb}} \leq 125^{\circ}\text{C}</math> alors <math>\Pi_{\text{contact TH}} = 1</math>                  Si <math>T_{\text{amb}} &gt; 125^{\circ}\text{C}</math> alors <math>\Pi_{\text{contact TH}} = \Pi_{\text{type contact ME}} \times \Pi_{\text{pôle}}</math></p> <p>En phase de fonctionnement :</p> <p>Si <math>T_{\text{amb}} \leq 0^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = 40-85/55 \times T_{\text{amb}}</math>                  Si <math>0 &lt; T_{\text{amb}} \leq 40^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = 40^{\circ}\text{C}</math>                  Si <math>T_{\text{amb}} &gt; 40^{\circ}\text{C}</math> alors <math>T' = T_{\text{amb}}</math></p> <p>En phase de non fonctionnement :</p> $\Pi_{\text{Thermique}} = 0$
$\Pi_{\text{Electrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $0,59 \times C_{\text{EL}} \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{coupure EL}} \times \Pi_{\text{type de charge}} \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times S_V^{m_1} \times S_I^{m_2}$ <p>En phase de non fonctionnement : <math>\pi_{\text{électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$0,02 \times C_{\text{TCy}} \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{prot TCY}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$0,06 \times C_{\text{MECA}} \times (1 + \Pi_{\text{chimique}}) \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{contact ME}} \times \Pi_{\text{manoeuvres}} \times \Pi_{\text{coupure ME}} \times \left[ \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right) \right]^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$0,12 \times C_{\text{RH}} \times \Pi_{\text{pôle}} \times \Pi_{\text{chimique}} \times \Pi_{\text{contact RH}} \times \left( \frac{\text{RH}_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{T_{\text{amb}} + 273} \right]}$ <p><math>\Pi_{\text{chimique}} = \Pi_{\text{sal}} \times \Pi_{\text{zone}} \times \Pi_{\text{envir}} \times \Pi_{\text{prot}} \times \Pi_{\text{Prot CHI}}</math></p>

## Circuit imprimé (PCB)

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

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

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Circuit imprimé (PCB)	4	10	8	6,5

### Facteur $\Pi_{\text{Placement}}$ :

Pour les PCB le facteur placement est fixe :  $\Pi_{\text{Placement}} = 1$

### Facteur $AQ_{\text{composant}}$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon MIL-PRF-31032 (PCB), MIL-PRF-55110 (PWB), MIL-P-50884, MIL-S-13949, ESCC-Q-ST-70-10 (PCB)	Supérieur	3
Qualification fabricant conforme à l'IPC-9701 intégrant les essais de la norme IPC TM 650	Equivalent	2
Agrément de savoir faire selon EN 123 xxx, CECC 23000, NBN EN 61189-1	Inférieur	1
Pas d'information	Très inférieur	0

**Taux de défaillance de base associés à l'article**

$$\lambda_{0\text{PCB}} = 5 \cdot 10^{-4} \times (N_{\text{couches}})^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{N_{\text{report}}}{2} \right) \times \Pi_{\text{Classe}} \times \Pi_{\text{Techno-PCB}}$$

**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

$N_{\text{couches}}$  : Nombre de couches du circuit imprimé

$N_{\text{report}}$  : Nombre de points de report (montés en surface + à piquer)

Identification technologie circuit imprimé	Valeur de $\Pi_{\text{Techno-PCB}}$
Trous traversants	0,25
Trous borgnes	0,5
Technologie Micro-vias	1
Technologie Pad on vias	2,5

Largeur minimale des conducteurs ( $\mu\text{m}$ ) / Espacement minimal entre conducteurs ou pastilles ( $\mu\text{m}$ )	Valeur de $\Pi_{\text{Classe}}$
800 / 800	1
500 / 500	1
310 / 310	2
210 / 210	3
150 / 150	4
125 / 125	5
100 / 100	6

Pour un PCB multicouches, il faut considérer la couche de plus grande densité. Dans une même couche, il faut considérer la zone de plus grande densité.

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
- Niveau de pollution (voir tables)

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

Gamme de température ambiante	$\Pi_{\text{TV}}$
$T_{\text{ambiante-carte}} < 110^{\circ}\text{C}$	1
$T_{\text{ambiante-carte}} > 110^{\circ}\text{C}$	$e^{0,2 \times (T_{\text{ambiante-carte}} - 110)}$

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{TCy}}$	$0,6 \times \Pi_{\text{TV}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right)_i \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$0,2 \times \Pi_{\text{TV}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$0,18 \times \Pi_{\text{TV}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,8 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Chimique}}$	$0,02 \times \Pi_{\text{TV}} \times \Pi_{\text{Sal}} \times \Pi_{\text{Envir}} \times \Pi_{\text{Zone}} \times \Pi_{\text{Prot}}$

## Connecteurs

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

$$\lambda_{\text{Physique}} = \lambda_{0\_Connecteur} \times \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \Pi_{\text{Thermique}} + \Pi_{\text{TCy}} + \Pi_{\text{Mécanique}} + \Pi_{\text{RH}} + \Pi_{\text{Chimique}} \right)_i \times \left( \Pi_{\text{Induit}} \right)_i$$

### Contribution associée au facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Connecteurs	1	10	3	4,4

### Facteur $\Pi_{\text{Placement}}$ :

Pour les connecteurs le facteur placement est fixe :  $\Pi_{\text{Placement}} = 1$

### Facteur $AQ_{\text{composant}}$

Niveau d'assurance qualité du composant	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{composant}}$
Qualification selon l'une des normes suivantes : ESCC 340x niveau B, NASDA-QTS-xxxx classe 1, ...	Très supérieur	3
Qualification selon l'une des normes suivantes : Telcordia GR1217-CORE, MIL-C-xxxxx, MIL-DTL-xxxx ARINC 600 & 80x, AECMA, ...	Supérieur	2
Conforme à une des normes suivantes EIA, IEC, SAE, BS	Equivalent	1
Pas d'information	Inférieur	0

**Taux de défaillance de base associés à l'article**

$$\lambda_{0\_Connecteur} = \lambda_{Type} \times \Pi_{report} \times \Pi_{contact} \times \Pi_{Cycle}$$

Le modèle présenté s'applique à une demi-paire de connecteurs.

**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

Type de connecteur	$\lambda_{type}$
Connecteurs circulaires et rectangulaires	0,05
Connecteurs coaxiaux	0,07
Connecteurs pour circuits imprimés (et assimilés)	0,1
Supports de composants	0,1

Type de report	$\Pi_{report}$
Insertion (press fit)	1
Soudé (traversant)	6
Soudé (CMS)	10
Wrapping (tresse)	3
Wrapping (filaire)	2

**Nombre de contacts**

$$\Pi_{Contact} = (N_{Contact})^{0,5}$$

Où  $N_{contact}$  est le nombre de contacts du connecteur.

**Fréquence de connexion**

$$\Pi_{Cycles} = 0,2 \times (N_{Cycles\_annuel})^{0,25}$$

Où  $N_{cycles\_annuels}$  est le nombre de cycles (un cycle comprend une connexion et une déconnexion) par an. Si  $N_{cycles\_annuels} < 1$  par an prendre  $\Pi_{cycles} = 0,2$ .

**Élévation de température de l'insert**

Gauge	32	30	28	24	22	20	18	16	12
<b>a</b>	3,256	2,856	2,286	1,345	0,989	0,64	0,429	0,274	0,1

$$\Delta T_{insert} = a \times I_{contact}^{1,85}$$

Où  $I_{contact}$  est le courant moyen dans une broche (en ampère).

### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)  
 $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)  
 Note : Les connecteurs à l'interface d'un équipement peuvent subir des RH différents des autres articles de l'équipement.  
 $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)  
 $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)  
 $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale lors d'une phase de cyclage (°C)  
 $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)  
 $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)  
 $G_{\text{RMS}}$  : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)  
 Niveau de pollution (voir tables) :

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

### Renseignements liés à l'application

$\Delta T$  : élévation de température de l'insert

### Contributions associées aux stress physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	En phase de fonctionnement : $0,58 \times e^{11604 \times 0,1 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + \Delta T + 273)} \right]}$ En phase de non-fonctionnement : $\Pi_{\text{thermique}} = 0$
$\Pi_{T_{\text{cy}}}$	$0,04 \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$0,05 \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$	$0,13 \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,8 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Chimique}}$	$0,20 \times \Pi_{\text{Sal}} \times \Pi_{\text{Envir}} \times \Pi_{\text{Zone}} \times \Pi_{\text{Prot}}$



# Hybrides et Multi Chip Modules

## Modèle général

Les hybrides et MCM (Multi Chip Module) sont des assemblages miniaturisés de composants sur différents types de substrats, avec différents types d'encapsulations (moulage, boîtier). Le calcul du taux de défaillance d'un hybride s'apparente à celui d'une carte électronique. Il s'appuie sur un recensement des microcomposants internes à l'hybride ou au MCM et prend en compte les connexions, le câblage, l'encapsulation ainsi que différents attributs technologiques ou de maîtrise des procédés. Les composants actifs (circuits intégrés, transistors, diodes) intégrés dans les hybrides et MCM peuvent être sous formes de puces nues ou sous forme de micro-boîtiers.

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda_{H\&M} = \sum_{\mu\text{composants}} \left( \lambda_{\mu\text{composant}} \times \Pi_{PM_{\mu\text{composant}}} \right) \times \Pi_{\text{process}_{H\&M}} \times \Pi_{\text{process}}$$

$$+ \left( \lambda_{\text{câblage}} + \lambda_{\text{Boîtier+Substrat}} + \lambda_{\text{Connexions\_externes}} \right) \times \Pi_{\text{process}_{H\&M}} \times \Pi_{\text{process}}$$

Avec, pour chacun des éléments de base (microcomposants, câblage, boîtier-substrat, connexions externes) :

$$\lambda_{\text{élément}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left[ \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \sum_{\text{contraintes}} \left( \lambda_{0\text{contrainte}} \times \Pi_{\text{contrainte}} \right) \right)_i \times \left( \Pi_{\text{induit}} \right)_i \right]$$

Le facteur  $\Pi_{\text{Process}}$  est celui calculé pour le produit dans lequel est intégré l'hybride ou le MCM.

Le facteur  $\Pi_{PM_{\mu\text{composant}}}$  est calculé selon la méthode de calcul décrite pour l'établissement du  $\Pi_{PM}$  des composants correspondants (circuits intégrés, discrets actifs, résistance, condensateurs, inductances).

## Facteur induit

### Contributions associées aux surcharges accidentelles

$$\Pi_{\text{induit-i}} = \left( \Pi_{\text{placement}} \times \Pi_{\text{application-i}} \times \Pi_{\text{durcissement}} \right)^{0,51 \times \ln(C_{\text{sensibilité}})}$$

L'indice i désigne la phase considérée.

### Contribution associée au facteur $C_{\text{sensibilité}}$

Un facteur  $C_{\text{sensibilité}}$  unique pour l'ensemble de l'Hybride ou du MCM est défini en fonction du type de substrat et d'encapsulation.

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	TOS	MOS	
Boîtier métallique, boîtier céramique, substrat céramique	6	1	5	5,5
Substrat verre-époxy avec moulage	6	1	2	4,1
Substrat verre-époxy sans moulage	6	1	4	4,8

Les sensibilités relatives aux EOS, TOS, MOS (Electrical Over-Stress, Thermal Over-Stress, Mechanical Over-Stress) sont données pour information pour montrer la sensibilité relative des familles aux différents types de surcharges. Elles n'interviennent pas dans les calculs.

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{Placement}}$ :

Cette contribution s'établit de la même façon que pour les composants. C'est le placement de l'hybride dans le produit qui doit être considéré.

	$\Pi_{\text{Placement}}$
Fonction numérique non interface	1
Fonction numérique d'interface	1,3
Fonction analogique bas niveau non interface	1,2
Fonction analogique bas niveau interface	1,5
Fonction analogique puissance non interface	1,3
Fonction analogique puissance interface	1,8

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{application}}$

Cette contribution s'établit de la même façon que pour les composants.

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{durcissement}}$

Cette contribution s'établit de la même façon que pour les composants.

### Facteur processus H&M

Le facteur  $\Pi_{\text{Process\_H\&M}}$  permet de prendre en compte l'influence sur la fiabilité que peut avoir la maîtrise de la conception et de la fabrication de l'hybride ou du MCM.

$$\Pi_{\text{Process\_H\&M}} = e^{1,39 \times (1 - H\&M\_process\_grade)}$$

Avec  $H\&M\_process\_grade = \frac{\sum \text{valeurs du tableau ci dessous}}{140}$

	Valeur si vrai	Valeur si faux
Application d'une méthode formalisée <sup>1</sup> permettant la prise en compte pendant la conception des moyens de fabrication de l'hybride ou du MCM	15	0
Application d'une méthode formalisée <sup>1</sup> permettant la prise en compte pendant la conception des capacités de report sur carte de l'hybride ou du MCM	15	0
Expérience passé dans le développement d'hybride et de MCM avec retour d'expérience favorable	10	0
Technologie(s) d'interconnexions internes déjà mise(s) en œuvre dans un développement passé	3	0
Technologie(s) de boîtier et de substrat déjà mise(s) en œuvre dans un développement passé	3	0
Technologie(s) d'interconnexions externes déjà mise(s) en œuvre dans un développement passé	4	0
Qualification de la ligne pour application spatiale (ESA/CNES) - (classe K selon la classification de la MIL-PRF 38534F, ou classe I selon la JESD93), ou équivalent	30 Voir note 2	0
Qualification de la ligne pour application militaire - (classe H selon la classification de la MIL-PRF 38534F ou classe II selon la JESD93), ou équivalent	20 Voir note 2	0
classe G, E ou D selon la classification de la MIL-PRF 38534F, ou classe inférieure à II selon la JESD93, ou programme de qualification interne au fabricant	10 Voir note 2	0
Application des trois méthodes d'amélioration de la fiabilité : 1. burn-in, 2. DPA lot par lot, 3. test fonctionnel aux 3 températures	30	0
Application de deux parmi trois de : 1. burn-in, 2. DPA lot par lot, 3. test fonctionnel aux 3 températures	20	0
Application de un parmi trois de : 1. burn-in, 2. DPA lot par lot, 3. test fonctionnel aux 3 températures	10	0

Notes :

1. La méthode formalisée peut se traduire par l'utilisation d'un guide ou d'une spécification, qui prend en compte les capacités techniques de fabrication.
2. Ces trois cas sont exclusifs l'un de l'autre.

En l'absence d'évaluation du  $\Pi_{\text{process\_H\&M}}$ , la valeur par défaut de 2,5 est proposée. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.

## Microcomposants

### Taux de défaillance associé aux puces nues (circuits intégrés, transistors, diodes...)

$$\lambda_{\text{puce}} = (\lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}}) + (\lambda_{0\text{puce\_TCy}} \times C_{\text{moulage}} \times C_{\text{surface\_puce}} \times \Pi_{\text{TCy\_boîtier}})$$

#### Thermique

Pour les valeurs de  $\lambda_{0\text{TH}}$  se reporter au taux de défaillance de base associé à la puce pour les Circuits Intégrés ou pour les Discrets Actifs.

#### Cyclage thermique puce

C'est le facteur d'accélération du cyclage thermique  $\Pi_{\text{TCy boîtier}}$  (amplitude thermique puissance 4,0) qui s'applique pour cette contrainte sur les puces.

$$\lambda_{0\text{puce\_TCy}} = 0,011$$

	<b>C<sub>moulage</sub></b>
circuit hermétique non moulé	1
circuit moulé enrobage type silicone	1,4
circuit moulé enrobage type polyuréthane	1,6
circuit moulé enrobage type époxy	2

$$C_{\text{surface\_puce}} = (1 + S^d)$$

S : surface individuelle de chaque puce en mm<sup>2</sup>

	<b>d</b>
Circuits intégrés numériques Si (MOS, Bipolaire et BiCMOS)	0,35
Circuits intégrés analogiques Si (MOS, Bipolaire et BiCMOS)	0,2
Circuits discrets	0,1

Si la surface des puces n'est pas connue, utiliser les valeurs par défaut suivantes pour chaque puce :

	<b>Surface_puce (mm<sup>2</sup>)</b>
Logique	75
Analogique	4
Discret faible signal	0,8
Discret puissance	3

**Taux de défaillance associé aux composants en micro-boîtiers (circuits intégrés, transistors, diodes)**

$$\lambda_{\text{micro-boîtier}} = \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} + \lambda_{0\text{TCy Boîtier}} \times \Pi_{\text{TCy Boîtier}} \\ + C_{\text{moulage}} \times \lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + C_{\text{herméticité}} \times \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \end{array} \right)$$

Thermique

Pour les valeurs de  $\lambda_{0\text{TH}}$  se reporter aux taux de défaillance de base associés aux puces pour les Circuits Intégrés ou pour les Discrets Actifs.

Cyclage thermique

Les taux de défaillance de base des joints brasés se calculent en fonction du type de substrat.

Pour les boîtiers de CI les taux de défaillance de base sont obtenus par l'équation :

$$\lambda_{0\text{Contrainte}} = e^{-a} \times Np^b$$

Où :

- a et b sont des constantes, fonction du type de boîtier et du nombre de broches, données dans le tableau qui suit.
- Np est le nombre de broche du boîtier.

Boîtier (désignation courante)	Description	Np	$\lambda_{0\text{TCy Boîtier}}$		$\lambda_{0\text{TCy Joints brasés}}$			
					Substrat Verre-époxy		Substrat Céramique	
			a	b	a	b	a	b
<b>PQFP</b>	Plastic Quad Flatpack, L lead	44 à 240 >240 à 304	12,41	1,46	10,80 10,11	1,46 1,46	9,41 8,61	1,46 1,46
<b>SQFP TQFP, VQFP, LQFP</b>	Plastic Shrink (thickness) Quad Flatpack, L lead Plastic Thin Quad Flatpack, L lead	32 à 120 >120 à 208	8,57	0,73	6,96 5,57	0,73 0,73	5,57 4,65	0,73 0,73
<b>Power QFP (RQFP, HQFP, PowerQuad, EdQuad...)</b>	Plastic Quad Flatpack with heat sink, L lead	160 à 240 >240 à 304	15,11	1,96	13,50 12,81	1,96 1,96	12,11 11,31	1,96 1,96
<b>CERPACK</b>		20 à 56	12,41	1,46	10,80	1,46	10,8	1,46
<b>CQFP, Cerquad</b>	Ceramic Quad Flat Pack	64 à 132 >132 à 256	12,41	1,46	10,80 9,19	1,46 1,46	10,8 10,8	1,46 1,46
<b>PLCC</b>	Plastic Leaded Chip Carrier J-Lead	20 à 52 >52 à 84	18,52	3,15	16,91 15,52	3,15 3,15	16,91 15,52	3,15 3,15
<b>J-CLCC</b>	J-Lead Ceramic Leaded Chip Carrier	4 20 32 44 52 68	8,07	0,93	6,46 6,46 6,46 5,77 5,36 4,85	0,93 0,93 0,93 0,93 0,93 0,93	6,46 6,46 6,46 6,46 6,46 6,46	0,93 0,93 0,93 0,93 0,93 0,93

Boîtier (désignation courante)	Description	Np	$\lambda_{0TCy\_Boîtier}$		$\lambda_{0TCy\_Joints\ brasés}$			
					Substrat Verre-époxy		Substrat Céramique	
			a	b	a	b	a	b
<b>CLCC</b>	Ceramic Leadless Chip Carrier	4	8,07	0,93	5,07	0,93	6,46	0,93
		20			4,51	0,93	6,46	0,93
		32			4,38	0,93	6,46	0,93
		44			4,26	0,93	6,46	0,93
		52			4,26	0,93	6,46	0,93
		68			4,16	0,93	5,77	0,93
		84			4,16	0,93	5,77	0,93
<b>SOJ</b>	Plastic Small Outlines, J-Lead	24 à 44	8,36	1,39	6,75	1,39	4,96	1,39
<b>SO, SOP, SOL, SOIC, SOW</b>	Plastic Small Outlines, L lead	8 à 14	13,36	2,18	11,75	2,18	9,67	2,18
		16 à 18			11,06	2,18	9,45	2,18
		20 à 28			10,36	2,18	9,16	2,18
		32			10,14	2,18	9,45	2,18
<b>TSOP I TSOP II</b>	Thin Small Outlines, leads on small edges, L lead Thin Small Outlines, leads on long edges, L lead	5 et 6	9,05	0,76	7,44	0,76	7,44	0,76
		>6 à 16			7,44	0,76	6,34	0,76
		>16 à 32			6,05	0,76	5,13	0,76
		>32 à 44			5,83	0,76	5,14	0,76
		>44 à 56			5,36	0,76	5,14	0,76
<b>SSOP, VSOP, QSOP</b>	Plastic Shrink (pitch) Small Outlines, L lead	16 à 64	16,28	2,60	14,67	2,60	13,28	2,60
<b>TSSOP, MSOP, <math>\mu</math>SO, <math>\mu</math>MAX, TVSOP</b>	Thin Shrink Small Outlines, L lead	8 à 28	15,56	2,66	13,95	2,66	12,0	2,66
		>28 à 48			13,21	2,66	11,71	2,66
		56			12,56	2,66	11,64	2,66
		64			12,16	2,66	11,65	2,66
<b>PBGA CSP BT 0,8 et 0,75 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 0,8 mm et 0,75 mm	48 à 384	12,13	1,49	9,13	1,49	10,52	1,49
<b>PBGA flex 0,8 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 0,8 mm et 0,75 mm	48 à 288	12,13	1,49	8,57	1,49	9,82	1,49
<b>PBGA BT 1,00 mm</b>	Plastic Ball Grid Array with solder ball pitch = 1,0 mm	64 à 1156	10,89	1,00	7,67	1,00	7,67	1,00
<b>PBGA 1,27mm</b>	Plastic Ball Grid Array, with solder ball pitch = 1,27 mm	119 à 352	10,36	0,93	7,36	0,93	7,36	0,93
		>352 à 432			7,14	0,93	7,14	0,93
		>432 à 729			6,67	0,93	6,67	0,93
<b>Power BGA (TBGA SBGA...)</b>	Tape BGA, PBGA with heat sink, die top down pitch=1,27 mm Super BGA, PBGA with heat sink, die top down Pitch=1,27 mm	256 à 352	15,73	1,68	12,73	1,68	12,51	1,68
		>352 à 956			12,33	1,68	12,18	1,68
<b>CBGA</b>	Ceramic Ball Grid Array	255 à 1156	15,37	1,87	11,56	1,87	13,76	1,87
<b>DBGA</b>	Dimpled BGA	255 à 1156	15,37	1,87	12,15	1,87	13,76	1,87
<b>CI CGA</b>	Ceramic Land GA + interposer, Ceramic column GA	255 à 1156	15,37	1,87	11,81	1,87	13,76	1,87

Pour les boîtiers de discrets actifs, les taux de défaillance de base sont donnés dans le tableau suivant :

Boîtier	Noms Équivalents	Désignation	$\lambda_{0Tcy\_Boîtier}$	$\lambda_{0Tcy\_Joints\ brasés}$	
				FR4	Céramique
<b>SOT23-3</b>	TO236AB	SMD, small signal, L-lead, plastic	0,00057	0,00285	0,00285
<b>SOT23-5</b>	SC74A, SOT25				
<b>SOT23-6</b>	SC74, SOT26, SOT457				
<b>SOT143</b>	TO253AA, SC61B				
<b>SOT323</b>	SC70				
<b>SOT346</b>	SC59, TO236AA				
<b>SOT353</b>	SC70-5, SC88A				
<b>SOT363</b>	SC70-6, SC88				
<b>SOD123</b>					
<b>SOD323</b>	SC76				
<b>SOD523</b>	SC79	SMD, medium power, small heatsink, L-lead, plastic	0,00091	0,00455	0,0091
<b>SOT223</b>	SC73, TO261AA				
<b>SOT243</b>					
<b>SOT343</b>	SC82				
<b>SOT89</b>	SC62, TO243AA				
<b>SOT194</b>		SMD, small signal, C-lead, plastic	0,00091	0,00455	0,0091
<b>SOD6</b>	DO214AA, SMB-J				
<b>SOD15</b>	DO214AB, SMC-J	SMD, power, large heatsink, L-lead, plastic	0,00413	0,02065	0,0413
<b>DKPAK</b>	TO252AA, SC63, SOT428				
<b>D2PAK</b>	TO263, SC83A, SMD220				
<b>D3PAK</b>	TO268	SMD, high power, screw, plastic	0,03333	0,16665	0,199
<b>ISOTOP</b>	SOT227, TO244, Half-Pak				
<b>SOD80</b>	Mini-MELF, DO213AA	SMD, Hermetically sealed glass	0,00781	0,03905	0,00781
<b>SOD87</b>	MELF, DO213AB				

**Notes :**

- Certains boîtiers de Discrets Actifs sont également utilisés pour les Circuits Intégrés.
- Certains boîtiers de Circuits Intégrés sont également utilisés pour les Discrets Actifs.
- Les boîtiers utilisés dans les hybrides et MCM sont généralement des micro boitiers. Les tables listent néanmoins tous les boîtiers, même plus gros, dont l'utilisation dans un hybride ou MCM reste envisageable.

Humidité

Pour les valeurs de  $\lambda_{0RH}$  se reporter aux taux de défaillance de base associés aux boîtiers décrits aux chapitres Circuits Intégrés ou Discrets Actifs.

	<b>C<sub>herméticité</sub></b>
circuit hermétique (enrobage interne ou non)	0,05
circuit à cavité étanche (non hermétique)	0,5
circuit moulé	1



**Taux de défaillance associé aux microcomposants internes : composants passifs (résistances, condensateurs, inductances)**

Facteurs communs à tous les microcomposants passifs

L'influence du cyclage thermique dépend du type de report du composant :

Type de report	Modèle de $\Pi_{TCy}$
Par collage (colle conductrice)	$\Pi_{TCy}$ boîtier
Par brasage (brasure)	$\Pi_{TCy}$ joints brasés

Facteur de moulage

	$C_{moulage}$
circuit hermétique non moulé	1
circuit moulé enrobage type silicone	1,4
circuit moulé enrobage type polyuréthane	1,6
circuit moulé enrobage type époxy	2

Chip résistifs (CMS)

$$\lambda_{résistance} = \lambda_{0\_résistance} \times C_{moulage} \times \Pi_{TCy}$$

Où :

$$\lambda_{0\_résistance} = 0,01$$

Résistances déposées

$$\lambda_{résistances\_déposées} = \lambda_{0\_résistances\_déposées} \times C_{moulage} \times C_{tolérance} \times \Pi_{TCy}$$

Où :

$$\lambda_{0\_résistances\_déposées} = (0,01 \times R_e + 0,04 \times R_m)$$

$R_e$  : nombre de résistances déposées couches épaisses.

$R_m$  nombre de résistances déposées couches minces.

Tolérance	$C_{tolérance}$
Tolérance de plus de 5%	1
Tolérance de 1 à 5%	1,5 (valeur par défaut)
Tolérance de moins de 1%	2

### Réseaux résistifs

$$\lambda_{\text{résistance\_réseau}} = \lambda_{0\_résistance\_réseau} \times C_{\text{moulage}} \times \Pi_{\text{TCy}}$$

Où :

$$\lambda_{0\_résistance\_réseau} = 0,059$$

### Condensateurs

$$\lambda_{\text{condensateur}} = \lambda_{0\_condensateur} \times (C_{\text{moulage}} \times \gamma_{\text{TCy}} \times \Pi_{\text{TCy}} + \gamma_{\text{TH\_EL}} \times \Pi_{\text{Tension}} \times \Pi_{\text{TH\_EL}})$$

Le facteur  $\Pi_{\text{TH\_EL}}$  à prendre en compte est à sélectionner pour chaque condensateur en fonction de l'énergie d'activation  $E_a$ .

Où :

Description du composant	$\lambda_{0\_Condensateur}$	Energie d'activation (eV)	$S_{\text{référence}}$	$\gamma_{\text{TH-EL}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV faible	0,03	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV moyen	0,05	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur en céramique à coefficient de température défini (Type I) avec un produit CV fort	0,40	0,1	0,3	0,69	0,26
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV faible	0,08	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV moyen	0,15	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur en céramique à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV fort	1,20	0,1	0,3	0,44	0,51
Condensateur en céramique à terminaisons polymères à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV faible	0,08	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur en céramique à terminaisons polymères à coefficient de température non défini (Type II) avec un produit CV moyen ou fort	0,15	0,1	0,3	0,70	0,28
Condensateur au tantale solide (Packaging CMS)	0,54	0,15	0,4	0,85	0,15
Condensateur déposé	0,1	0,1	0,3	0,71	0,29

Pour le critère de choix du produit CV faible, moyen ou fort se reporter à la fiche condensateur céramique.

$$\Pi_{Tension} = \left( \frac{1}{S_{référence}} \times \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \right)_i^3$$

L'indice i désigne la phase. Le facteur  $\Pi_{Tension}$  est à calculer pour chaque phase.

$V_{appliquée}$  : tension appliquée au composant dans la phase (V)

$V_{nominale}$  : tension maximale applicable au composant spécifiée par le fournisseur (V)

### Inductances multicouches

$$\lambda_{inductance} = \lambda_{0\_inductance} \times (C_{moulage} \times \gamma_{TCy} \times \Pi_{TCy} + \gamma_{TH\_EL} \times \Pi_{TH\_EL})$$

Où :

	Ea (eV)	$\lambda_0$	$\gamma_{TH\_EL}$	$\gamma_{TCy}$
Inductance	0,15	0,05	0,71	0,29

### Autres composants

Si d'autres types de composant sont présents dans l'hybride ou le MCM, le modèle de ces composants sera utilisé, avec les adaptations suivantes :

Cyclage thermique :

- Si le modèle ne distingue pas le cyclage thermique boîtier.  
Le facteur  $C_{moulage}$  sera appliqué en pondération du facteur  $\Pi_{TCy}$ , comme pour les autres microcomposants. La loi d'accélération pour le cyclage thermique sera choisie en fonction du type de report (collage ou brasage). Voir la table "modèle de  $\Pi_{TCy}$ ".
- Si le modèle sépare le cyclage thermique boîtier du cyclage thermique joint brasé.  
La règle précédente sera appliquée au seul facteur  $\Pi_{TCy\_joint\ brasé}$ .

Humidité :

Le facteur  $C_{herméticité}$  sera appliqué en pondération du facteur  $\Pi_{RH}$ , comme dans le cas des micro-boîtiers pour prendre en compte la protection contre l'humidité que peut apporter l'herméticité de l'hybride ou MCM.

**Câblage, boîtier, substrat, connexions externes**

**Taux de défaillance associé au câblage : câblage interne par fils (bonding), par bumps (flip-chip) ou par rubans**

$$\lambda_{\text{câblage}} = \left( \lambda_{0\_câblage} \times (c_{\text{moulage}} \times \gamma_{\text{TCy}} \times \Pi_{\text{TCy}} + c_{\text{particule}} \times \gamma_{\text{ME}} \times \Pi_{\text{ME}}) + \lambda_{0\_Puce\_RH} \times C_{\text{herméticité}} \times \Pi_{\text{RH}} \right)$$

Où :

$$\lambda_{0\_câblage} = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{Nb}_{\text{fils}}^{0,93}$$

Nb<sub>fils</sub> : Nombre total de fils, bumps ou rubans à l'intérieur de l'hybride ou du MCM.

Si le facteur Nb<sub>fils</sub> n'est pas connu, il peut être estimé par défaut à partir du nombre Nb<sub>E/S</sub> d'entrées / sorties de l'hybride ou du MCM :

- Pour les hybrides : Nb<sub>fils</sub> = Max(6.15 × Nb<sub>E/S</sub> – 24,55 ; Nb<sub>E/S</sub>)
- Pour les MCMs : Nb<sub>fils</sub> = 2,9 × Nb<sub>E/S</sub>

$$\gamma_{\text{TCy}} = 0,65$$

$$\gamma_{\text{ME}} = 0,35$$

Type de câblage	Modèle de $\Pi_{\text{TCy}}$
Fils et rubans (aluminium et or)	$\Pi_{\text{TCy}}$ boîtier
Bumps	$\Pi_{\text{TCy}}$ joints brasés

	C <sub>moulage</sub>
circuit hermétique non moulé	1
circuit moulé enrobage type silicone	1,4
circuit moulé enrobage type polyuréthane	1,6
circuit moulé enrobage type époxy	2

	C <sub>particule</sub>
circuit moulé, ou interconnexion puce par Flip-Chip, avec undefill	0
circuit non moulé hermétique présence de piège à particule et fil* or	0,5
circuit non moulé hermétique présence de piège à particule et fil* aluminium ou interconnexion puce par Flip-Chip sans undefill	0,3
circuit non moulé hermétique absence de piège à particule et fil* or	1,5
circuit non moulé hermétique absence de piège à particule et fil* aluminium	1

(\*) : fil ou ruban

Humidité

$$\lambda_{0\_puce\_RH} = 7,01 \cdot 10^{-7} \times Nb_{\text{fils}}^{2,41}$$

Avec

$Nb_{\text{fils}}$  : Nombre total de fils, bumps ou rubans à l'intérieur de l'hybride ou du MCM.

Si le facteur  $Nb_{\text{fils}}$  n'est pas connu, il peut être estimé par défaut à partir du nombre  $Nb_{E/S}$  d'entrées / sorties de l'hybride ou du MCM :

- Pour les hybrides :  $Nb_{\text{fils}} = \text{Max}(6,15 \times Nb_{E/S} - 24,55 ; Nb_{E/S})$
- Pour les MCMs :  $Nb_{\text{fils}} = 2,9 \times Nb_{E/S}$

$Nb_{E/S}$  : Nombre de broches de l'hybride ou du MCM.

Remarque : Dans le cas d'un boîtier avec deux parties distinctes (par exemple, une face hermétique et l'autre sans protection), il faut distinguer le calcul pour chaque face.

Facteur  $C_{\text{herméticité}}$

	$C_{\text{herméticité}}$
circuit hermétique (enrobage interne ou non)	0,05
circuit à cavité étanche (non hermétique)	0,5
circuit moulé	1

**Taux de défaillance associé au boîtier et au substrat**

$$\lambda_{BS} = \lambda_{0\_BS} \times (\gamma_{TCy} \times \Pi_{TCy\_boîtier} + C_{ME} \times \gamma_{ME} \times \Pi_{ME} + \gamma_{RH} \times \Pi_{RH} + \gamma_{chimique} \times \Pi_{chimique})$$

Où :

$$\lambda_{0\_BS} = \lambda_{0\_substrat} \times (N_{couches})^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{N_{pistes}^b}{2} \right) \times \Pi_{Classe} \times \Pi_{Techno-substrat}$$

$N_{pistes}$  = nombre de pistes

Valeur par défaut :  $N_{piste} = (Nb_{fils} / 2)$

Pour l'estimation par défaut de  $Nb_{fils}$  se reporter au calcul proposé à partir du nombre d'entrées / sorties.

$N_{couches}$  = nombre de couches

Type de substrat	Technologie	Valeur de $\Pi_{Techno\_substrat}$
Céramique		0,25
Verre-époxy	Trous traversant	0,25
	Trous borgnes	0,5
	Technologie Micro-vias	1
	Technologie Pad on vias	2,5

Largeur minimale des conducteurs ( $\mu m$ ) / Espacement minimal entre conducteurs ou pastilles ( $\mu m$ )	Valeur de $\Pi_{Classe}$
800 / 800	1
500 / 500	1
310 / 310	2
210 / 210	3
150 / 150	4
125 / 125	5
100 / 100	6

	$\lambda_{0\_substrat}$	<b>b</b>	$\gamma_{TCy}$	$\gamma_{ME}$	$\gamma_{RH}$	$\gamma_{Chimique}$	<b>C<sub>ME</sub></b>
Boîtier céramique hermétique (boîtier MCM cocuit...)	$2,08 \cdot 10^{-4}$	0,93	0,32	0,66	0,01	0,01	$1 + 0,1\sqrt{S_{boîtier}}$
Substrat alumine dans boîtier métallique hermétique	$2,08 \cdot 10^{-4}$	0,93	0,32	0,66	0,01	0,01	$1 + 0,1\sqrt{S_{boîtier}}$
Substrat alumine, avec moulage	$2,08 \cdot 10^{-4}$	0,93	0,6	0,35	0,04	0,01	$1 + 0,1\sqrt{S_{boîtier}}$
Substrat alumine, sans boîtier ni moulage	$2,08 \cdot 10^{-4}$	0,93	0,3	0,58	0,1	0,02	$1 + 0,1\sqrt{S_{boîtier}}$
Substrat organique (verre-époxy) dans boîtier métallique hermétique	$5 \cdot 10^{-4}$	1	0,48	0,5	0,01	0,01	$1 + 0,1\sqrt{S_{boîtier}}$
Substrat organique (verre époxy), avec moulage	$5 \cdot 10^{-4}$	1	0,72	0,18	0,09	0,01	1
Substrat verre-époxy, sans boîtier ni moulage	$5 \cdot 10^{-4}$	1	0,6	0,2	0,18	0,02	1

$S_{boîtier}$  = surface du boîtier en cm<sup>2</sup>

Dans le cas d'un hybride ou MCM possédant plusieurs types de substrat, les paramètres " $\lambda_{0\_substrat}$ " et "b" d'un substrat "verre-époxy" seront adoptés pour l'ensemble de l'hybride ou MCM.

Dans le cas d'un boîtier avec des parties en configurations différentes (comme par exemple, un MCM avec une face hermétique et l'autre sans protection), il faut considérer la moyenne pondérée des taux de défaillance pour chaque partie (chaque face ou chaque cavité), pour laquelle le paramètre  $S_{boîtier}$  correspond à la surface de la partie considérée. Le modèle devient :

$$\lambda_{BS} = \sum_{Cavités} \frac{\lambda_{0\_BS} \times S_{cavité}}{S_{total}} \times (\gamma_{TCy} \times \Pi_{TCy\_boîtier} + C_{ME} \times \gamma_{ME} \times \Pi_{ME} + \gamma_{RH} \times \Pi_{RH} + \gamma_{chimique} \times \Pi_{chimique})$$

et

$$C_{ME} = 1 + 0,1\sqrt{S_{cavité}}$$

Où

$S_{cavité}$  = surface de chaque cavité (partie, ou face) en cm<sup>2</sup>

$S_{total}$  = Somme des surfaces de chaque cavité (en cm<sup>2</sup>)

**Taux de défaillance associé aux connexions externes**

$$\lambda_{\text{connexions}} = \lambda_{0_{\text{TCy}}} \Pi_{\text{TCy\_joints\_brasés}} + \lambda_{0_{\text{ME}}} \Pi_{\text{ME}}$$

Cyclage thermique

$$\lambda_{0_{\text{TCy}}} = 20,5 \cdot 10^3 \times (K \times (D \times \Delta\text{CTE})^2)^{1,1}$$

K : paramètre de rigidité de connexion

Type de montage	K
Composant à pattes brasé en CMS Avec broches en cuivre, ou alliage de cuivre	$\min\left(5000 \cdot \left(\frac{S_{\text{broche}}}{L_{\text{broche}}}\right)^{-0,01}, 200\right)$ si négatif prendre K=0 (connexion peu rigide)
Composant à pattes brasé en CMS Avec broches en alliage Fer-Nickel (alloy 42, Kovar...)	$\min\left(6150 \cdot \left(\frac{S_{\text{broche}}}{L_{\text{broche}}}\right)^{-0,01}, 200\right)$ si négatif prendre K=0 (connexion peu rigide)
Composant à broches brasé en traversant Avec broches en cuivre, ou alliage de cuivre	$\min\left(30 \cdot \left(\frac{S_{\text{broche}}}{0,196}\right)^{1,1}, 100\right)$
Composant à broches brasé en traversant Avec broches en alliage Fer-Nickel (alloy 42, Kovar...)	$\min\left(37 \cdot \left(\frac{S_{\text{broche}}}{0,196}\right)^{1,1}, 100\right)$
Composant sans broche brasé en CMS	500
Composant sans broche assemblé par contact	5

S<sub>broche</sub>: Section de la broche en mm<sup>2</sup>

L<sub>broche</sub> : Longueur de la broche en mm

D : distance entre les connexions les plus éloignées du module (en mm).

ΔCTE : est la différence entre le CTE du boîtier et celui du PCB

Avec par défaut :

Nature du boîtier	PCB	
	Circuit imprimé (FR4, polymide) sans Cu/In/Cu*	Circuit imprimé (FR4, polymide) avec Cu/In/Cu*
Métal (Kovar)	ΔCTE = 9 · 10 <sup>-6</sup> /°C	ΔCTE = 7 · 10 <sup>-6</sup> /°C
Céramique (alumine ou cofritté)	ΔCTE = 8 · 10 <sup>-6</sup> /°C	ΔCTE = 6 · 10 <sup>-6</sup> /°C
Moulé (substrat organique ou céramique)	ΔCTE = 2 · 10 <sup>-6</sup> /°C	ΔCTE = 4 · 10 <sup>-6</sup> /°C

(\*) Les couches de Cu/In/Cu (cuivre/Invar/cuivre) sont disposées dans le circuit imprimé, sur des couches externes, de façon à diminuer le CTE en surface.



Mécanique

$$\lambda_{0_{ME}} = \frac{1}{a} \times \left( 7 \cdot 10^{-4} \times \frac{M^{1,6}}{S_{broche} \cdot Nb_{broches}^{0,5}} + 1 \cdot 10^{-6} \times \frac{D^2}{S_{broche}} \right)$$

Avec :

Mode de maintien	Exemple	a
Aucun (autorise un mouvement relatif entre le composant et le circuit imprimé)	Composant simplement reporté sur la carte	1
Souple (autorise un mouvement limité du composant sur son support)	Collage	2
Rigide (n'autorise pas ou très peu de mouvement relatif entre le composant et le circuit imprimé)	Bridage Vissage	4

$S_{broche}$ : Section de la broche en mm<sup>2</sup>

$Nb_{broches}$  : Nombre de broches de l'hybride ou du MCM

D : distance entre les connexions les plus éloignées du module (en mm).

M : masse du boîtier (en grammes)

Dans le cas d'absence d'informations sur la masse de l'hybride en boîtier métallique, prendre :

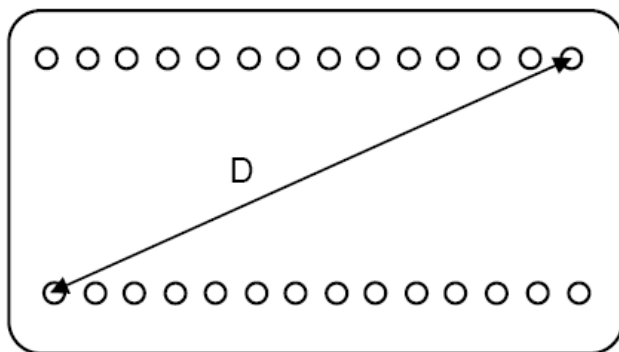
$M (gr) = 0,003 \times \text{Volume de l'hybride (mm}^3)$

Dans le cas d'absence d'informations sur la masse du MCM, en boîtier céramique, prendre :

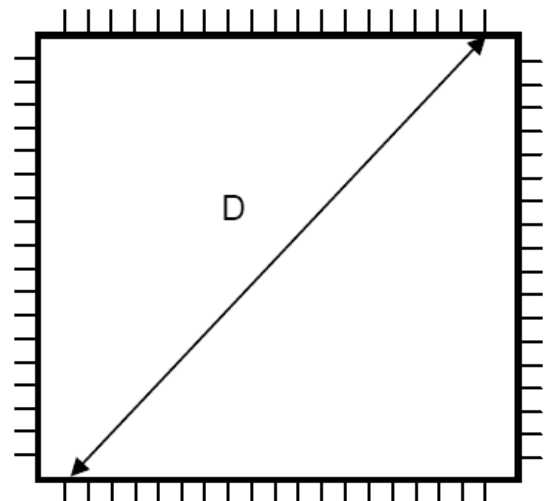
$M (gr) = 0,004 \times \text{Volume du substrat (mm}^3)$

Remarque : La distance D entre les connexions les plus éloignées du module est souvent proche de la diagonale des boîtiers, comme le montre les schémas ci-dessous.

Cas d'un boîtier plateforme :



Cas d'un boîtier QFP :



## Contraintes physiques

### Renseignements liés au profil d'emploi

$t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)  
 $T_{\text{ambiante\_carte}}$  : température moyenne de la carte au cours de la phase (°C)  
 $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)  
 $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)  
 $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)  
 $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)  
 $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)  
 Grms : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibrations aléatoires (Grms)  
 Niveau de pollution (voir tables)

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection système	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

### Renseignements liés à l'application

$T_{\text{H\&M}}$  : température moyenne de l'hybride ou du MCM au cours de la phase (°C)  
 $T_{\text{J\_composant}}$  : température de jonction du composant pendant la phase (°C)  
 $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée dans la phase par le composant, l'hybride, le MCM ou le microcomposant selon le cas (W)

Calcul de  $T_{\text{H\&M}}$  et  $T_{\text{J}}$  composant dans le cas des hybrides et MCM

$$T_{\text{J\_composant}} = T_{\text{H\&M}} + R_{\text{JC}} \cdot P_{\text{dissipée du composant}}$$

$$T_{\text{H\&M}} = T_{\text{ambiante}} + R_{\text{CA}} \cdot P_{\text{dissipée du H\&M}}$$

Où:

$R_{\text{JC}}$  est la résistance thermique entre la jonction et le substrat de l'hybride ou du MCM.

$R_{\text{CA}}$  est la résistance thermique entre l'hybride ou le MCM et l'ambiante.

**Contributions associées aux contraintes physiques**

<p><math>\Pi_{Thermique}</math> <i>Composants actifs</i></p>	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\Pi_{El} \times e^{11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j-composant} + 273)} \right]}$ <p>Pour les diodes signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor) :</p> $\Pi_{El} = \left( \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \right)^{2,4} \text{ si } \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} > 0,3$ $\Pi_{El} = 0,056 \text{ si } \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \leq 0,3$ <p>Pour les autres types d'article :</p> $\Pi_{El} = 1$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{Thermique} = 0</math></p>
<p><math>\Pi_{Thermo-électrique}</math> <i>Ea = 0,1 eV</i> <i>Condensateur autres que tantale solide</i></p>	<p>En phase de fonctionnement : <math>e^{11604 \times 0,1 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{H\&amp;M} + 273)} \right]}</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{Thermo-électrique} = 0</math></p>
<p><math>\Pi_{Thermo-électrique}</math> <i>Ea = 0,15 eV</i> <i>Condensateur tantale solide, inductances</i></p>	<p>En phase de fonctionnement : <math>e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{H\&amp;M} + 273)} \right]}</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{Thermo-électrique} = 0</math></p>
<p><math>\Pi_{TCy\_joints\_brasés}</math></p>	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
<p><math>\Pi_{TCy\_Boîtier}</math></p>	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
<p><math>\Pi_{Mécanique}</math></p>	$\left( \frac{G_{RMS}}{0,5} \right)^{1,5}$
<p><math>\Pi_{RH}</math></p>	$\left( \frac{RH_{ambiante}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{RH} = 0</math></p>
<p><math>\Pi_{Chimique}</math></p>	$\Pi_{Sal} \times \Pi_{Envir} \times \Pi_{zone} \times \Pi_{Prot}$

## **Composants hyperfréquence (HF) et radiofréquence (RF)**

## Facteur processus RF et HF

### Facteur $\Pi_{\text{process RFHF}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{process RFHF}}$  permet de prendre en compte l'influence que peut avoir la maîtrise du cycle de vie d'un produit radiofréquence (RF) ou hyperfréquence (HF) sur la fiabilité.

Quand ces données ne sont pas connues, la valeur par défaut est  $\Pi_{\text{process RFHF}} = 2,5$ .

Ce facteur vient en complément du facteur  $\Pi_{\text{process}}$  qui reste applicable pour les produits hyperfréquence et radiofréquence.

Le facteur  $\Pi_{\text{process RFHF}}$  est de la forme :

$$\Pi_{\text{ProcessRFHF}} = e^{1,39 \times (1 - \text{RFHF\_grade})}$$

Avec RFHF\_grade = Somme (Valeurs du tableau ci-dessous)/(Note maximum applicable)

N°	Critère	Valeur si vrai	Valeur si faux
1	Expérience confirmée de l'industriel dans le développement d'une carte ou d'une fonction radiofréquence (ou hyperfréquence) avec retour d'expérience favorable vis-à-vis de la fiabilité de la fonction réalisée	10	0
2	Présence de protections contre la déconnexion d'antenne autour des amplificateurs et des transistors de puissance, RF et HF	5	0
3	Présence de protections pour la compatibilité EMC (control du hors bande) autour des amplificateurs et des transistors de puissance, RF et HF. Par exemple : circulateur, filtre, ...	5	0
4	Présence de protections contre la désadaptation de charge autour des amplificateurs et des transistors de puissance, RF et HF. Par exemple : circulateur, isolateur, filtre, ...	5	0
5	Présence de protections contre les surcharges en température autour des amplificateurs et des transistors de puissance, RF et HF.	5	0
6	Application d'une méthode formelle de prise en compte des caractéristiques thermiques de la fonction hyperfréquence dans l'application.	5	0
7	Application d'une méthode formelle permettant de valider la robustesse du circuit dans son environnement d'utilisation (marges démontrées vis-à-vis d'excursions RF, surcharge thermique, compression,...)	10	0
8	Application d'une méthode formelle permettant la prise en compte des spécificités de report des composants hyperfréquences dans la chaîne de fabrication dû aux spécificités des boîtiers	5	0

Pour une carte comprenant des composants de puissance la note maximum est de 50. Si le produit ne comprend que des transistors et amplificateurs bas niveau, alors les critères 2, 3, 4 et 5 ne sont pas applicables, la note maximum est de 30.

## Circuits Intégrés RF HF

### Modèle général associé à la famille

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

Avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermique}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Boitier}} \times \Pi_{\text{TCy Boitier}} \\ + \lambda_{0\text{TCy Joints brasés}} \times \Pi_{\text{TCy Joints brasés}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + \lambda_{0\text{Méca}} \times \Pi_{\text{Méca}} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Circuit intégré Si, SiGe	10	2	1	6,3
Circuit Intégré AsGa	10	4	5	7,4

### Facteur fabrication article $\Pi_{\text{PM}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  est établi comme pour les Circuits Intégrés autres que HF et RF.

Pour le choix du facteur  $\varepsilon$  il est recommandé d'appliquer un facteur  $\varepsilon$  de 4 pour des applications grand volume (télécommunication, grand public) et un facteur  $\varepsilon$  de 2 pour des applications faible volume (défense, industriel, aéronautique).

**Taux de défaillance de base associés aux boîtiers**

Se reporter aux taux de défaillance donnés pour les boîtiers des circuits intégrés autres que HF ou RF.

**Taux de défaillance de base associés à la puce**

Matériau de base	Type	$\lambda_{0TH}$
AsGa	Circuit Analogique (Amplificateur de puissance) RF et HF	0,70
Si	Circuit Analogique (Amplificateur de puissance) RF et HF (MOS)	0,53
Si, SiGe, AsGa	Circuit Analogique et Mixte (MOS, Bipolaire, BiCMOS, MESFET, PHEMT, HBT) dont RF et HF	0,19
Si, SiGe	Circuit Numérique (MOS, Bipolaire, BiCMOS) RF et HF	0,04

Notes :

- Mixte = analogique et numérique.
- La distinction entre puissance et bas niveau pour les amplificateurs est indiquée dans le tableau ci dessous :

Famille (puce avec ou sans boîtier)	Fréquence	P1dB (dBm)
Amplificateurs puissance & transistor de puissance	<= 20 GHz	>= 30
Amplificateurs puissance & transistor de puissance	> 20 GHz	>= 20

### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- Grms : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibrations aléatoires (Grms)

### Renseignements liés à l'application

- $T_{J\_composant}$  : température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)
  - $T_{J\_composant} = T_{\text{ambiante}} + \Delta T$
  - $\Delta T = P_{\text{dissipée}} \times R_{JA}$
  - $\Delta T$  : élévation de température du composant
  - $R_{JA}$  : résistance thermique jonction-ambiante
  - $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant pendant la phase (W)
- En cas de fonctionnement impulsif il est important de prendre en compte le rapport cyclique dans le calcul du  $\Pi_{\text{Thermique}}$ . Pour les impulsions courtes (impulsion dont la durée est inférieure à la constante de temps thermique de la puce), il est nécessaire de déterminer la  $\Delta T$  à l'aide de l'impédance thermique  $Z$  au lieu de la  $R_{JA}$ .
- $\eta$  : rapport cyclique pendant la phase

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j\text{-composant}} + 273)} \right]$ <p>En phase de fonctionnement : e</p> $11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j\text{-composant}} + 273)} \right]$ <p>En phase de fonctionnement impulsif : <math>\eta \times e</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{TCy}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{TCy}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Meca}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$	$\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{RH} = 0</math></p>



## Discrets Actifs RF HF

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \times \Pi_{\text{Process RFHF}} \text{ avec :}$$

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \left( \lambda_{0_{RH}} \cdot \Pi_{\text{Therm.}} + \lambda_{0_{TCyBoitier}} \cdot \Pi_{\text{TCyBoitier}} + \lambda_{0_{TCyJoint_s\_brasés}} \cdot \Pi_{\text{TCyJoint_s\_brasés}} + \lambda_{0_{RH}} \cdot \Pi_{\text{RH}} + \lambda_{0_{méca}} \cdot \Pi_{\text{méca}} \right)_i \cdot \Pi_{\text{Induit-}i}$$

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Circuit Discret actif Si et SiGe HF et RF	10	2	1	6,3
Circuit Discret actif AsGa RF et HF	10	4	5	7,4

### Facteur fabrication article $\Pi_{\text{PM}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  est établi comme pour les Discrets Actifs autres que HF et RF.

Pour le choix du facteur  $\varepsilon$  il est recommandé d'appliquer un facteur  $\varepsilon$  de 4 pour des applications grand volume (télécommunication, grand public) et un facteur  $\varepsilon$  de 2 pour des applications faible volume (défense, industriel, aéronautique).

### Taux de défaillance de base associés aux boîtiers

Se reporter aux taux de défaillance donnés pour les boîtiers des Discrets Actifs autres que HF ou RF.

### Taux de défaillance de base associés à la puce (taux construits à partir d'essais fabricants)

<b>Diodes de faible puissance</b>	$\lambda_{0TH}$
Diodes PIN, Schottky, Tunnel, varactor (RF HF)	0,0120

<b>Transistors de faible puissance</b>	$\lambda_{0TH}$
Silicium, bipolaire < 5W, SiGe, bipolaire <1W	0,0138
AsGa <1W	0,0488

<b>Transistors de puissance</b>	$\lambda_{0TH}$
Silicium, bipolaire > 5W	0,0478
Silicium, MOS > 5W	0,0202
AsGa, >1W	0,0927

### Renseignements liés au profil de vie

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- Grms : niveau vibratoire associé à chaque phase de vibrations aléatoires (Grms)

### Renseignements liés à l'application

- $T_{J\_composant}$  : température de jonction du composant lors d'une phase de fonctionnement (°C)
  - $T_{J\_composant} = T_{\text{ambiante}} + \Delta T$
  - $\Delta T = P_{\text{dissipée}} \times R_{JA}$
  - $\Delta T$  : élévation de température du composant
  - $R_{JA}$  : résistance thermique jonction-ambiante
  - $P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant pendant la phase (W)
  - $V_{\text{appliquée}}$  : tension inverse appliquée dans la phase, pour les diodes signal uniquement (V)
- En cas de fonctionnement impulsif il est important de prendre en compte le rapport cyclique dans le calcul du  $\Pi_{\text{Thermique}}$ . Pour les impulsions courtes (impulsion dont la durée est inférieure à la constante de temps thermique de la puce), il est nécessaire de déterminer la  $\Delta T$  à l'aide de l'impédance thermique  $Z$  au lieu de la  $R_{JA}$ .
- $\eta$  : rapport cyclique pendant la phase

### Renseignements liés à la technologie

- $V_{\text{nominale}}$  : tension inverse nominale (V), pour les diodes signal uniquement

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{Thermique}$	<p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{El} \times e^{11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j-composant} + 273)} \right]}</math></p> <p>En phase de fonctionnement impulsif : <math>\eta \times \Pi_{El} \times e^{11604 \times 0,7 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{j-composant} + 273)} \right]}</math></p> <p>Pour les diodes signal jusqu'à 1A (PIN, Schottky, signal, varactor) :</p> <p><math>\Pi_{El} = \left( \frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \right)^{2,4}</math> si <math>\frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} &gt; 0,3</math></p> <p><math>\Pi_{El} = 0,056</math> si <math>\frac{V_{appliquée}}{V_{nominale}} \leq 0,3</math></p> <p>Pour les autres types d'article :</p> <p><math>\Pi_{El} = 1</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{Thermique} = 0</math></p>
$\Pi_{TCy}$ <i>Boîtier</i>	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
$\Pi_{TCy}$ <i>Joints brasés</i>	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Méca}$	$\left( \frac{G_{RMS}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$	$\left( \frac{RH_{ambiante}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante-carte} + 273)} \right]}$
	En phase de fonctionnement : $\Pi_{RH} = 0$

## Composant passifs RF HF

### Modèle général associé à la famille

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

Avec :

Pour les fonctions spécifiques HF et RF,

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

Pour les résistances CMS RF et HF, appliquer le calcul du  $\lambda_{\text{Physique}}$  des chips résistifs décrit dans la fiche des résistances (autres que HF et RF).

Pour les capacités céramiques CMS RF et HF, appliquer le calcul du  $\lambda_{\text{Physique}}$  des condensateurs en céramique à coefficient de température défini (type I) décrit dans la fiche des capacités céramiques (autres que HF et RF).

Pour les inductances RF et HF, appliquer le calcul du  $\lambda_{\text{Physique}}$  des inductances multicouches décrit dans la fiche des composants magnétiques (autres que HF et RF).

### Facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Composants passifs pour micro-ondes, fixes : Atténuateur, charge (50 Ohm), filtre, diviseur de puissance (combineur, splitter)	2	4	1	2,6
Composants passifs pour micro-ondes, variables : Atténuateur variable, filtre accordable	2	4	1	2,6
Composants passifs pour micro-ondes, avec ferrites Circulateur (circulator), isolateur (isolator), déphaseur (phase shifter)	2	4	1	2,6
Composants passifs pour micro-ondes : Filtres à ondes de surfaces	6	7	5	6,25

### Facteur fabrication article $\Pi_{\text{PM}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  est établi comme pour les Discrets Actifs autres que HF et RF.

Pour le choix du facteur  $\varepsilon$  il est recommandé d'appliquer un facteur  $\varepsilon$  de 4 pour des applications grand volume (télécommunication, grand public) et un facteur  $\varepsilon$  de 2 pour des applications faible volume (défense, industriel, aéronautique).

**Taux de défaillance de base associés au composant**

Description du composant	$\lambda_{0\_passif\ HF\ RF}$	$\gamma_{TH-EL}$	$\gamma_{TCy}$	$\gamma_{Méca}$	$\gamma_{RH}$
Composants passifs pour micro-ondes, fixes : Atténuateur, charge (50 Ohm), filtre, diviseur de puissance (combineur, splitter)	0,5	0,01	0,67	0,30	0,02
Composants passifs pour micro-ondes, variables : Atténuateur variable, filtre accordable	1	0,01	0,67	0,30	0,02
Composants passifs pour micro-ondes, avec ferrites Circulateur (circulator), isolateur (isolator), déphaseur (phase shifter)	1	0,01	0,69	0,30	0
Filtres à ondes de surfaces	3,75	0,01	0,67	0,30	0,02

### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$ :	temps associé à chaque phase sur une année (heures)
$RH_{\text{ambiante}}$ :	taux d'humidité associé à une phase (%)
$T_{\text{ambiante-carte}}$ :	température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$ :	amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$ :	température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$ :	nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$ :	durée du cycle (heures)
Grms :	niveau vibratoire associé à chaque phase de vibrations aléatoires (Grms)

### Renseignements liés à l'application

$$\Delta T = P_{\text{dissipée}} \times R_{\text{CA}}$$

$\Delta T$  : élévation de température du composant

$R_{\text{CA}}$  : résistance thermique composant-ambiante

$P_{\text{dissipée}}$  : puissance dissipée par le composant pendant la phase (W)

En cas de fonctionnement impulsionnel il est important de prendre en compte le rapport cyclique dans le calcul du  $\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$ . Pour les impulsions courtes (impulsion dont la durée est inférieure à la constante de temps thermique de la puce), il est nécessaire de déterminer la  $\Delta T$  à l'aide de l'impédance thermique  $Z$  au lieu de la  $R_{\text{CA}}$ .

$\eta$  : rapport cyclique pendant la phase

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermo-électrique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{TH-EL}} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + \Delta T + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement impulsionnel:</p> $\eta \times \gamma_{\text{TH-EL}} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + \Delta T + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermo-électrique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\gamma_{\text{Méca}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	$\gamma_{\text{RH}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>

## Cartes COTS

## Généralités

Le modèle carte COTS est destiné aux cartes du commerce qui remplissent des fonctions électroniques standards. Ce modèle est en particulier utile pour :

- Estimer la fiabilité de cartes COTS dont le fabricant n'a pas donné d'information de fiabilité.
- Estimer la fiabilité de cartes COTS dans des environnements autres que celui pour lequel le fabricant a donné la fiabilité.
- Estimer la fiabilité d'un ensemble de carte COTS de différentes origines dans un référentiel commun, sachant que les fabricants de carte COTS, quand ils donnent une information de fiabilité, n'en précisent pas forcément ni l'origine, ni les conditions dans lesquelles elle s'applique.

L'un des objectifs pratiques de ce modèle est de pouvoir être mis en œuvre à partir des informations directement disponibles sur la carte COTS. En général, cela se limite à la fiche de données techniques de la carte (datasheet). Or le niveau de détail des fiches d'informations techniques des cartes COTS est souvent faible. Cela entraîne certaines limitations sur ce modèle carte COTS :

- Le découpage en fonction électronique qui est proposé permet de décrire des cartes qui réalisent des fonctions standard ; il n'est pas adapté à la description de cartes spécifiques qui ne sont pas des COTS.
- Le réalisme de la prévision est à mettre en regard du faible niveau d'information utilisé.

Pour les fabricants de cartes COTS désireux de publier des informations de fiabilité sur leur carte, il est recommandé d'utiliser la méthode composant plutôt que cette méthode carte.



## Facteur induit

### Contributions associées aux surcharges accidentelles

$$\Pi_{\text{induit-}i} = \left( \Pi_{\text{placement}} \times \Pi_{\text{application-}i} \times \Pi_{\text{durcissement}} \right)^{0,51 \times \ln(C_{\text{sensibilité}})}$$

L'indice i désigne la phase considérée.

### Contributions associées aux facteur $\Pi_{\text{placement}}$ et $C_{\text{sensibilité}}$

Fonctions communes toutes cartes	$\Pi_{\text{placement}}$	$C_{\text{sensibilité}}$
Fonctions communes	1,3	6,1

Fonctions numériques centrales	$\Pi_{\text{placement}}$	$C_{\text{sensibilité}}$
Fonction CPU	1,0	6,1
Fonction Mémoire FLASH Boot (NOR)		
Fonction Mémoire FLASH Stockage (NAND)		
Fonction Mémoire DRAM (DDR-SDRAM, SGRAM)		
Fonction L2, L3 cache ou SRAM		
Fonction contrôleur SCSI		
Fonction Chipset (Northbridge, Southbridge)		

Fonctions numériques périphériques	$\Pi_{\text{placement}}$	$C_{\text{sensibilité}}$
Fonction contrôle Ethernet (LAN)	1,3	6,1
Fonction contrôle Graphique (VGA)		
Fonction contrôle Fieldbus (CAN, ARINC, 1553)		
Fonction contrôle Wireless (Bluetooth, WIFI)		
Fonction conversion analogique/digital ou digital/analogique		

Entrées sorties	$\Pi_{\text{placement}}$	$C_{\text{sensibilité}}$
Ligne numérique bus parallèle	1,6	6,1
Ligne analogique ou discrète	2,0	
Ligne périphérique série (RS232, RS485, RS422, USB, souris, clavier, ethernet)		
Ligne bus série (CAN, ARINC, 1553)		
Isolation d'entrée sortie par optocouplage		
Isolation ou aiguillage d'entrée/sortie par relais électromécanique		

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{application}}$

Cette contribution s'établit de la même façon que pour les composants.

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{durcissement}}$

Cette contribution s'établit de la même façon que pour les composants.

## Facteur fabrication article

Modèle associé au facteur  $\Pi_{PM}$

$$\Pi_{PM} = e^{1,39 \times (1 - \text{Part\_Grade}) - 0,69}$$

Avec :

$$\text{Part\_Grade} = \left[ \frac{(AQ_{\text{fabricant}} + AQ_{\text{article}}) \times \varepsilon}{24} \right]$$

**Facteur  $AQ_{\text{fabricant}}$**

Ce facteur se détermine de la même façon que pour les composants.

**Facteur  $AQ_{\text{article}}$**

Niveau d'assurance qualité de l'article	Position par rapport à l'état de l'art	$AQ_{\text{article}}$
Réalisation d'essais de tenue aux environnements sévères et d'essais aggravés	Supérieur	3
Procédure connue de qualification / déverminage interne au fabricant	Equivalent	1
Pas d'informations	Inférieur	0

**Facteur d'expérience  $\varepsilon$  :**

Ce facteur s'établit de la même façon que pour les composants.

## Fonctions électroniques embarquées

### Modèle général associé à la famille

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

Avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right) \times \lambda_{\text{Carte}} \right)_i$$

$$\lambda_{\text{Carte}} = \lambda_{\text{fonctions communes}} + \sum_j^{\text{Fonctions}} \lambda_{\text{fonction } j}$$

$$\lambda_{\text{fonctions communes}} = \lambda_{0 \text{ fonctions communes}} \times \sum_k^{\text{Contrainte}} (\gamma_{\text{fonctions communes}} \times \Pi_{\text{Accélération}})_k \times (\Pi_{\text{induit}})_{\text{fonctions communes}}$$

$$\lambda_{\text{fonction}} = \lambda_{0 \text{ fonction}} \times \sum_k^{\text{Contrainte}} (\gamma_{\text{fonction}} \times \Pi_{\text{Accélération}})_k \times (\Pi_{\text{induit}})_{\text{fonction}}$$

Nota : comme pour les autres modèles,  $(\Pi_{\text{induit}})_{\text{fonctions communes}}$  et  $(\Pi_{\text{induit}})_{\text{fonction}}$  sont à calculer pour chaque phase.

### Détermination des facteurs de répartition par contrainte

Type de fonctions	$\gamma_{\text{TH}}$	$\gamma_{\text{TCy Joints Brasés}}$	$\gamma_{\text{TCy Boitier}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$	$\gamma_{\text{RH}}$	$\gamma_{\text{Chi}}$
Fonctions communes toutes cartes	0,54	0,24	0,02	0,05	0,08	0,07
Fonctions numériques centrales	0,38	0,50	0,04	0,03	0,05	0,00
Fonctions numériques périphériques	0,38	0,50	0,04	0,03	0,05	0,00
<b>Fonction Entrées/sorties</b>						
• Ligne d'entrée sortie (bus parallèle, bus série, ligne discrète ou analogique)	0,49	0,40	0,03	0,02	0,05	0,01
• Isolation d'entrée sortie par optocouplage						
• Isolation ou aiguillage d'entrée/sortie par relais électromécanique	0,60	0,23	0,02	0,05	0,10	0,01

### Taux de défaillance de base

<b>Fonctions communes toutes cartes</b>	$\lambda_0$ fonction
Fonctions communes	155 x FF

<b>Fonctions numériques centrales</b>	$\lambda_0$ fonction
Fonction CPU	11
Fonction Mémoire FLASH Boot (NOR)	17 x D_flash_boot
Fonction Mémoire FLASH Stockage (NAND)	19 x D_flash_stock
Fonction Mémoire DRAM (DDR-SDRAM, SGRAM)	23 x D_DRAM
Fonction L2, L3 cache ou SRAM	11 x D_SRAM
Fonction contrôleur SCSI	6
Fonction Chipset (Northbridge, Southbridge)	16

<b>Fonctions numériques périphériques</b>	$\lambda_0$ fonction
Fonction contrôle Ethernet (LAN)	12
Fonction contrôle Graphique (VGA)	24
Fonction contrôle Fieldbus (CAN, ARINC, 1553)	12
Fonction contrôle Wireless (Bluetooth, WIFI)	11
Fonction conversion analogique/digital ou digital/analogique	10

<b>Lignes d'entrées sorties</b>	$\lambda_0$ fonction
Ligne numérique bus parallèle	1,0 x M <sub>parallèle</sub>
Ligne analogique ou ligne discrète tout-ou-rien	1,2 x M <sub>analogique</sub>
Ligne périphérique série (RS232, RS485, RS422, USB, souris, clavier, ethernet)	2 x M <sub>série</sub>
Ligne bus série (CAN, ARINC, 1553)	3 x M <sub>série</sub>
Isolation d'entrée sortie par optocouplage	1 x quantité
Isolation ou aiguillage d'entrée/sortie par relais électromécanique	3 x quantité

### Détermination du facteur de forme FF

<b>Format de carte</b>	<b>Longueur (mm)</b>	<b>Largeur (mm)</b>	<b>FF</b>
lpack	99	45	0,12
PC104	96	90	0,23
PMC	149	74	0,30
EPIC	165	115	0,51
3U	160	100	0,43
mini ITX	170	170	0,78
6U	233	160	1,00
Flex-ATX	228	190	1,16
micro ATX	244	244	1,60
ATX	304	244	2,00

$$FF = \frac{\text{Largeur} \times \text{Longueur}}{37280}$$

Où Largeur et Longueur sont les dimensions principales de la carte en millimètres. Dans le cas où aucune donnée sur la taille de la carte n'est disponible, FF sera égal à 1.

**Détermination des facteurs D de densité mémoire**

<b>Mémoire Flash Boot NOR</b>	
Taille (Mo)	D_flash_boot
≤ 4	1,00
8	1,41
16	2,00
32	2,83
64	4,00
128	5,66

$D\_flash\_boot = 1$  si taille ≤ 4Mo

$$D\_flash\_boot = \left( \frac{Taille(Mo)}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ si taille} > 4Mo$$

<b>Mémoire Flash stockage NAND</b>	
Taille (Mo)	D_flash_stock
≤ 512	1
1024	1,41
2048	2
4096	2,82

$D\_flash\_stock = 1$  si taille ≤ 512Mo

$$D\_flash\_stock = \left( \frac{Taille(Mo)}{512} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ si taille} > 512Mo$$

<b>Mémoire DRAM</b>	
Taille (Mo)	D_DRAM
≤ 256	1
512	1,41
1024	2
2048	2,82
4096	4

$D\_DRAM = 1$  si taille ≤ 256Mo

$$D\_DRAM = \left( \frac{Taille(Mo)}{256} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ si taille} > 256Mo$$

<b>Mémoire SRAM</b>	
Taille (Ko)	D_SRAM
≤ 512	1
1024	1,41
2048	2
4096	2,82

$D\_SRAM = 1$  si taille ≤ 512Ko

$$D_{SRAM} = \left( \frac{\text{Taille(Ko)}}{512} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ si taille} > 512\text{Ko}$$

Dans le cas où aucune donnée technologique associée à la fonction dénombrée n'est disponible, D sera égal à 1.

### Détermination du facteur M de multiplicité des lignes entrée/sortie

Cas des entrées sorties bus parallèles :  $M_{\text{parallèle}} = \sum_{\text{Bus parallèle}} (\text{Nombre de lignes du bus})^{1/2}$

Dans le cas où le nombre d'entrée sortie parallèle n'est pas disponible,  $M_{\text{parallèle}}$  sera égal à 4.

Cas des entrées sorties analogiques :  $M_{\text{analogique}} = (\text{Nombre de lignes})^{1/2}$

Dans le cas où le nombre d'entrée sortie parallèle n'est pas disponible,  $M_{\text{analogique}}$  sera égal à 3.

Cas des entrées sorties bus série :  $M_{\text{série}} = \text{Nombre d'interfaces bus série}$

Dans le cas où le nombre lignes n'est pas disponible,  $M_{\text{série}}$  sera égal à 2.

Le nombre d'interface bus série doit considérer tous les protocoles présents.

Par exemple si la carte dispose de 3 bus CAN et d'un bus ARINC le  $M_{\text{série}}$  à considérer est de 4.

### Guide pour le dénombrement des fonctions

L'analyse permettant d'effectuer le recensement des fonctions électroniques sur la carte COTS en étude doit être basée sur les spécifications qui sont indiquées dans les fiches de données constructeurs. Le processus recommandé est le suivant :

1	Identifier les dimensions de la carte en étude : calcul du facteur de forme <b>FF</b>
2	Identifier les fonctions numériques centrales : ces fonctions seront nécessairement associées à la présence sur la carte de composants en charge d'une partie de l'architecture
3	Identifier la génération technologique des diverses ressources mémoire sur la carte en étude : calcul des facteurs de densité des mémoires <b>D</b>
4	Identifier les fonctions numériques périphériques : ces fonctions seront nécessairement associées à la présence sur la carte de composants en charge de la gestion spécifique d'un protocole de communication ou de traitement de signal
5	Identifier le nombre de bus et la multiplicité des lignes d'entrée sortie bus parallèle : calcul du facteur $M_{\text{parallèle}}$ Exemple : pour une carte gérant 4 bus parallèles à 16 lignes chacun, $M_{\text{parallèle}} = 4 \times (16)^{1/2} = 16$
6	Identifier la multiplicité des lignes d'entrée sortie analogique : calcul du facteur $M_{\text{analogique}}$ Exemple : pour une carte gérant 16 entrées analogiques, $M_{\text{analogique}} = (16)^{1/2} = 4$
7	Identifier la multiplicité des lignes d'entrée sortie bus série : calcul du facteur $M_{\text{série}}$ Exemple : une carte gérant 3 accès à un bus CAN et 1 accès à un bus ARINC possèdera un contrôleur CAN et un contrôleur ARINC (donc 2 fonctions contrôle fieldbus), 3 lignes bus série CAN et 1 ligne bus série ARINC (facteur $M_{\text{série}} = 4$ )
8	Identifier les lignes d'entrée sortie ayant des barrières d'isolation (optocouplage ou électromécaniques) et ajouter les taux de défaillance aux lignes d'entrée sortie concernées. Exemple : pour une carte avec 1 entrée analogique commutable par 8 relais vers 8 sources externes, alors $M_{\text{analogique}} = 1$ , plus 8 fonction barrières d'isolation par relais électromécanique

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
  - $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)
  - $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
  - $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
  - $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
  - $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associés à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
  - $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
  - $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
- Niveau de pollution (voir tables)

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

**Contributions associées aux stress physiques**

$\Pi_{Thermique}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $e^{11604 \times 0,45 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante} - carte + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{thermique} = 0</math></p>
$\Pi_{Tcy\_joints}$ brasés	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Tcy\_boîtiers}$	$\left( \frac{12 \times N_{cy-annuel}}{t_{annuel}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{cyclage}}{20} \right)^4 \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{max-cyclage} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Mécanique}$	$\left( \frac{G_{RMS}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctions communes</li> <li>• Ligne d'entrée sortie (bus parallèle, analogique ou discrète, périphérique série, bus série)</li> <li>• Isolation ou aiquillage d'entrée/sortie par relais électromécanique</li> </ul>	<p>En phase de non-fonctionnement :</p> $\left( \frac{RH_{ambiante}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante} - carte + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement :</p> $0,6 \times \left( \frac{RH_{ambiante}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante} - carte + 273)} \right]}$
$\Pi_{RH}$ Autres fonctions	$\left( \frac{RH_{ambiante}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,9 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{ambiante} - carte + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{RH} = 0</math></p>
$\Pi_{Chimique}$	$\Pi_{Sal} \times \Pi_{Indus} \times \Pi_{Zone} \times \Pi_{Prot}$



## **Sous-ensembles divers**

## Généralités

### **Avertissement sur le domaine d'applicabilité théorique**

Compte tenu de la méthode de construction de certains modèles de sous-ensembles présentés dans ce chapitre, leur comportement dans les environnements extrêmes (sévéres ou très bénin comme le stockage) n'est pas nécessairement aussi représentatif que ce qui est attendu pour les modèles composants.

En conséquence, l'emploi de ces modèles pour des environnements extrêmes (sévéres ou très bénin) doit se faire avec précaution.

Les sous-ensembles concernés sont :

- Ecrans LCD
- Disques durs
- Moniteurs CRT
- Batteries lithium et nickel
- Ventilateurs
- Claviers

## Durée de vie

### Modélisation

La durée de vie, liée à des phénomènes de vieillissement, se traduit par une augmentation du taux de défaillance qui peut se modéliser à l'aide d'une loi de Weibull.

$$\lambda_{\text{vieillessement}}(t) = \beta \cdot \frac{t^{\beta-1}}{\eta^\beta}$$

avec :

t le temps,

$\beta$ , facteur de forme

$\eta$ , facteur d'échelle.

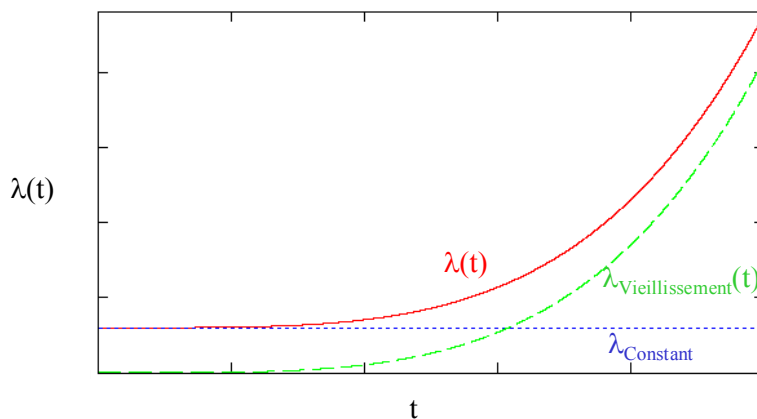
La durée de vie s'exprime généralement à l'aide du paramètre L10 correspondant au temps à partir duquel 10% des défaillances de vieillissement se sont produites.

$$\lambda_{\text{vieillessement}}(t) = \beta \cdot \text{Ln}\left(\frac{1}{0,9}\right) \cdot \frac{t^{\beta-1}}{L10^\beta}$$

Ces défaillances,  $\lambda_{\text{vieillessement}}(t)$ , viennent s'ajouter aux pannes dites aléatoires modélisées à l'aide d'une loi exponentielle avec un taux de défaillance constant.

$$\lambda(t) = \lambda_{\text{Constant}} + \lambda_{\text{vieillessement}}(t)$$

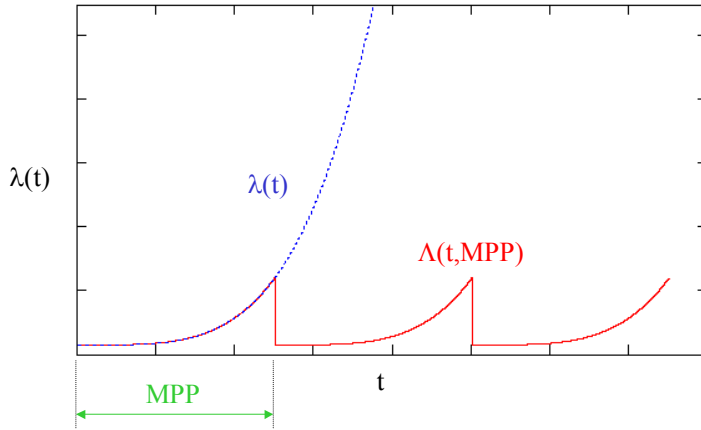
Ce qui est illustré par la courbe :



### Maintenance préventive

Pour éviter l'avalanche des défaillances dues au vieillissement, il est souvent intéressant d'instaurer une Maintenance Préventive Périodique, de périodicité : MPP.

Le taux de défaillance évolue alors de la façon suivante :



Dans la détermination de MPP, il faut prendre en compte le cas où le sous-ensemble a une durée de vie plus longue que le système complet (par exemple disque dur dans un ordinateur de bureau). Dans ce cas MPP sera majoré par la durée de vie du système complet.

La MPP doit être considérée comme la périodicité de remplacement du sous-ensemble dans le système. Le sous-ensemble lui-même est considéré ici comme un article non réparable.

### Taux de défaillance moyen

En toute rigueur, il conviendrait de prendre une modélisation du taux de défaillance en fonction du temps. Toutefois, compte tenu des besoins, il est beaucoup plus pratique de retenir un taux de défaillance moyen.

$$\lambda = \lambda_{\text{Constant}} + \text{Ln}\left(\frac{1}{0,9}\right) \cdot \frac{\text{MPP}^{\beta-1}}{\text{L}10^{\beta}}$$

Lorsque la politique de maintenance ne prévoit pas de maintenance préventive le taux de défaillance moyen se calcule sur la période moyenne entre deux maintenances correctives dues aux défaillances de vieillissement : MC.

$$\text{MC} = \text{L}10 \cdot \left( \frac{-\text{Ln}(0,5)}{\text{Ln}\left(\frac{1}{0,9}\right)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

Certains modèles d'article (sous-ensembles) font donc intervenir le paramètre  $\lambda_{\text{vieillessement}}$  qui est construit selon les principes exposés ici.

### Facteur de forme de Weibull β

Le facteur de forme β permet de modéliser le type de vieillissement. Une valeur de β par défaut est proposée pour chaque modèle ayant un  $\lambda_{\text{vieillessement}}$ . Lorsque le fournisseur du sous-ensemble fourni une valeur de β, elle sera préférée à la valeur par défaut.

## Facteur induit et fabrication article

### Contributions associées aux surcharges accidentelles $\Pi_{\text{Induit}}$

Le facteur  $\Pi_{\text{Induit}}$  se calcule comme pour les composants.

La détermination du paramètre  $\Pi_{\text{placement}}$  est définie dans chaque fiche d'article.

### Modèle associé au facteur fabrication article $\Pi_{\text{PM}}$

Pour tous les sous-ensembles, le facteur  $\Pi_{\text{PM}}$  se calcule comme pour les cartes COTS.

## Ecrans LCD (TFT, STN)

### Modèle général associé à la famille

ⓘ Attention : Durée de vie limitée

$$\lambda = \lambda_{\text{Cst}} + \lambda_{\text{Vieillessement}}$$

avec :

$$\lambda_{\text{Cst}} = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$$

et :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \lambda_{\text{Ecran\_Thermique}} \times \Pi_{\text{Thermique}} + \lambda_{\text{Ecran\_Mécanique}} \times \Pi_{\text{Mécanique}} \right)_i \times \left( \Pi_{\text{Induit}} \right)_i$$

et :

$$\lambda_{\text{Vieillessement}} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(\text{MPP}, \text{MC})^{\beta-1}}{\left( \frac{\text{DDV}}{T_{\text{utilisation}}} \right)^{\beta}}$$

avec :

- DDV, durée de vie en fonctionnement (L10).  
Les écrans LCD ont une durée de vie limitée liée, en particulier, à la (ou aux) lampe(s) de rétro éclairage.  
En l'absence de données fabricants, prendre DDV = 40 000 heures de fonctionnement.
- MPP, temps moyen calendaire entre 2 maintenances préventives périodiques.  
Si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre MPP = MC.
- MC, temps moyen calendaire entre 2 maintenances correctives dues aux seules pannes de

vieillessement :

$$\text{MC} = \frac{\text{DDV}}{T_{\text{utilisation}}} \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$

- $T_{\text{utilisation}}$ , taux d'utilisation pendant la durée du profil de vie (somme des durées de fonctionnement divisée par durée totale).
- $\beta$ , facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 3$ .

**Contribution associée au facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

Ecrans LCD	TFT	EOS	MOS	TOS	$C_{\text{sensibilité}}$
	STN	7	2	1	2,40
		3	2	1	1,80

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{placement}}$**

Ecrans LCD	Portable	$\Pi_{\text{placement}}$
	Fixe	1,6
		1,0

**Taux de défaillance associé au sous-ensemble**

Description du sous-ensemble	$\lambda_{\text{Ecran\_Mécanique}}$	$\lambda_{\text{Ecran\_Thermique}}$	Ea (eV) Energie d'activation
Ecrans LCD TFT	$\Pi_c \times (126 \times D^{1,11})$	$\Pi_c \times \left(193 \times e^{\frac{P}{115}}\right)$	0,6
Ecrans LCD STN	$\Pi_c \times (11 \times D^{2,48})$	$\Pi_c \times \left(96,5 \times e^{\frac{P}{10,8}}\right)$	0,5

**Renseignements liés aux caractéristiques techniques**

D : Taille de l'écran, diagonale ( en pouces ).  $6'' < D_{\text{TFT}} < 70''$  et  $6'' < D_{\text{STN}} < 17''$

P : Puissance ( en Watt ).  $P_{\text{TFT}} < 300\text{W}$  et  $P_{\text{STN}} < 40\text{W}$

Remarque : Si P inconnue prendre  $P(D) = 2,4 \times e^{0,18 \times D}$ , pour  $6'' < D < 20''$ .

**Détermination du facteur de classe  $\Pi_c$**

Classification simplifiée suivant ISO13406-2 :

Classe	Nombre maximum de pixels, sous-pixels ou clusters morts par million de pixel					Facteur de classe $\Pi_c$
	Pixels allumés Type 1	Pixels éteints Type 2	Sous-pixels Type 3	Clusters de type 1 ou 2	Clusters de type 3	
I	0	0	0	0	0	2,48
II	2	2	5	0	2	1,00
III	5	15	50	0	5	0,46
IV	50	150	500	5	50	0,28

Ce tableau donne le nombre de défauts au-delà duquel un écran est considéré défaillant. Par exemple, en classe II un écran avec seulement 2 pixels en défaut n'est pas considéré comme défaillant.

**Renseignements liés au profil de vie :**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante}}$  : température ambiante moyenne associée à une phase (°C)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

**Contributions associées aux stress Physiques :**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $e^{11604 \times Ea \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$



## Disques durs (EIDE, SCSI)

**Modèle général associé à la famille :**

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

$$\lambda = \lambda_{\text{Cst}} + \lambda_{\text{Vieillessement}}$$

avec :

$$\lambda_{\text{Cst}} = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$$

et :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \lambda_{\text{Disque-dur\_Thermique}} \times \Pi_{\text{Thermique}} + \lambda_{\text{Disque-dur\_Mécanique}} \times \Pi_{\text{Mécanique}} \right)_i \times \left( \Pi_{\text{Induit}} \right)_i$$

et :

$$\lambda_{\text{Vieillessement}} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(\text{MPP}, \text{MC})^{\beta-1}}{\left( \frac{\text{DDV}}{T_{\text{utilisation}}} \right)^{\beta}}$$

Avec :

- DDV, durée de vie en fonctionnement (L10).  
Les disques durs ont une durée de vie limitée liée, en particulier, à l'usure des pièces mécaniques en mouvement.  
En l'absence de données fabricants, prendre DDV = 50 000 heures de fonctionnement.
  - MPP, temps moyen calendaire entre 2 maintenances préventives périodiques.  
Si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre MPP = MC.
  - MC, temps moyen calendaire entre 2 maintenances correctives dues aux seules pannes de vieillissement :
- $$\text{MC} = \frac{\text{DDV}}{T_{\text{utilisation}}} \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$
- $T_{\text{utilisation}}$ , taux d'utilisation pendant la durée du profil de vie (somme des durées de fonctionnement divisée par durée totale).
  - $\beta$ , facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 4,5$ .

**Contribution associée au facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

			EOS	MOS	TOS	$C_{\text{sensibilité}}$
Disques dur	Usage normal	Protection aux chocs/vibrations	2	6	2	4,00
		Qualification aux chocs/vibrations	2	8	2	5,00
		Sans protection ni qualification particulière	2	10	2	6,00
	Usage intensif ventilé	Protection aux chocs/vibrations	2	6	5	5,05
		Qualification aux chocs/vibrations	2	8	5	6,05
		Sans protection ni qualification particulière	2	10	5	7,05
	Usage intensif non ventilé	Protection aux chocs/vibrations	2	6	8	6,10
		Qualification aux chocs/vibrations	2	8	8	7,10
		Sans protection ni qualification particulière	2	10	8	8,10

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{placement}}$**

		$\Pi_{\text{placement}}$
Disques durs	Portable ou tiroir	2,5
	Fixe	1,8

**Taux de défaillance associé au sous-ensemble**

Description du sous-ensemble	$\lambda_{\text{Disque-dur\_Mécanique}}$	$\lambda_{\text{Disque-dur Thermique}}$
Disque dur famille IDE (IDE, EIDE, E-IDE, ATA, SATA, S-ATA, Ultra ATA, DMA, Ultra DMA,...)	$[425 - 208 \times \ln(Ft)]$	$\left[ 5,2 + \left( \frac{Ta}{9,6} \right)^{4,97} \right]$
Disque dur famille SCSI (SCSI-1, 2, 3, Ultra Wide SCSI 1, 2, 3, 4, SAS,...)	$[205 - 100 \times \ln(Ft)]$	$\left[ 2,5 + \left( \frac{Ta}{11,1} \right)^{4,97} \right]$

**Description des facteurs technologiques**

Ft : Format du disque dur (en pouces).  $1'' < Ft < 5.25''$

Ta : Temps d'accès moyen (en ms).  $Ta < 20\text{ms}$

Pc : Nombre de plateau (Platter Count)

Remarque : si Pc inconnu, prendre :  $Pc = Part\_entière\left(\frac{1 + Nt}{2}\right)$  avec Nt : Nombre de têtes.

**Renseignements liés à l'application : Calcul du facteur de sollicitation  $\Pi_s$**

$$\Pi_s(Pc, Dc) = \frac{Pc \times Dc + 3}{4}$$

Avec :

Pc : Nombre de plateau (Platter Count)

Dc : Taux de sollicitation (Duty Cycle) défini par :

$$Dc = \frac{\left( \sum_a \text{Temps\_Accès} + \sum_b \text{Temps\_Lecture} + \sum_c \text{Temps\_Ecriture} \right)}{\text{Temps\_utilisation}}$$

Toutefois, en l'absence de données sur le taux de sollicitation, les valeurs par défaut suivantes en fonction du type d'utilisation peuvent être prises en compte :

Type d'utilisation	Dc
Application bureautique ou domestique hors téléchargement haut débit	10%
Serveur de réseau (applications, données)	50%
Serveur ou client de téléchargement haut débit	100%

**Renseignements liés au profil de vie**

$t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)

$T_{\text{ambiante}}$  : température ambiante moyenne associée à une phase (°C)

$G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

**Contributions associées aux stress Physiques :**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\Pi_s \times e^{11604 \times 0,785 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\Pi_s \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$

## Moniteurs CRT

### Modèle général associé à la famille

Ⓢ Attention : Durée de vie limitée

$$\lambda = \lambda_{Cst} + \lambda_{Vieillessement}$$

avec :

$$\lambda_{Cst} = \lambda_{Physique} \times \Pi_{PM} \times \Pi_{Process}$$

et :

$$\lambda_{Physique} = \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{Moni\_Thermique} \times \Pi_{Thermique} \\ + \lambda_{Moni\_TCy} \times \Pi_{TCy} \\ + \lambda_{Moni\_Mecanique} \times \Pi_{Mecanique} \\ + \lambda_{Moni\_RH} \times \Pi_{RH} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{Induit})_i$$

et :

$$\lambda_{Vieillessement} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(MPP, MC)^{\beta-1}}{\left( \frac{DDV}{T_{utilisation}} \right)^\beta}$$

avec :

- DDV, durée de vie en fonctionnement (L10).  
Les moniteurs CRT ont une durée de vie limitée liée, en particulier, à la perte de précision du bombardement d'électron et surtout à l'altération de la couche luminophore.  
En l'absence de données fabricants, prendre DDV = 20 000 heures de fonctionnement.
- MPP, temps moyen calendaire entre 2 maintenances préventives périodiques ;  
si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre MPP = MC.
- MC, temps moyen calendaire entre 2 maintenances correctives dues aux seules pannes de vieillissement :  

$$MC = \frac{DDV}{T_{utilisation}} \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$
- $T_{utilisation}$ , taux d'utilisation pendant dans la durée du profil de vie (somme des durées de fonctionnement divisée par durée totale).
- $\beta$ , Facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 2,5$ .

**Contribution associée au facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

	<b>EOS</b>	<b>MOS</b>	<b>TOS</b>	<b><math>C_{\text{sensibilité}}</math></b>
Ecrans CRT	2	5	1	3,15

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{placement}}$**

	<b><math>\Pi_{\text{placement}}</math></b>
Ecrans CRT	1,4

**Taux de défaillance associé au sous-ensemble**

$\lambda_{\text{Moni\_Mécanique}}$	$\lambda_{\text{Moni\_TCy}}$	$\lambda_{\text{Moni\_Thermique}}$	$\lambda_{\text{Moni\_RH}}$
$\left( 262 + e^{\frac{\text{Pds}-14,4}{3,97}} \right)$	$\left( 524 + e^{\frac{\text{Pds}-11,7}{3,97}} \right)$	$\left[ 13,6 + \left( \frac{\text{P}}{40,7} \right)^{2,5} + \frac{215}{\sqrt{\text{Fh}}} \right]$	$\left( 128 + e^{\frac{\text{D}-16,9}{1,18}} \right)$

**Description des facteurs technologiques**

Pds : Poids du moniteur sans habillage (en kg) :  $P < 40\text{kg}$

D : Taille de l'écran, diagonale (en pouces) :  $D < 25''$

Fh : Fréquence de balayage horizontale max (en kHz) :  $30\text{kHz} < \text{Fh} < 150\text{ kHz}$

P : Puissance maximale en fonctionnement (en Watts) :  $P < 200\text{W}$

Remarque : Si P inconnu, prendre :  $P(D) = 0,78 \times D^{1,72}$

### Renseignements nécessaires liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)  
 $T_{\text{ambiante}}$  : température ambiante moyenne associée à une phase (°C)  
 $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)  
 $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements nécessaires liés à l'application

$\Pi_{\text{Prot}}$  : Niveau de protection du sous-ensemble

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $e^{11604 \times 0,35 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{thermique}} = 0</math></p>				
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$				
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$				
$\Pi_{\text{RH}}$	$\Pi_{\text{Prot}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,8 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ <p><b>Niveau de Protection du sous-ensemble: Valeur de <math>\Pi_{\text{Prot}}</math></b></p> <table> <tbody> <tr> <td>Hermétique</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Non hermétique</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Hermétique	0	Non hermétique	1
Hermétique	0				
Non hermétique	1				

## Convertisseurs de tension AC/DC et DC/DC

### Modèle général associé à la famille

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

avec :

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \lambda_{0_{\text{TH-TCy}}} \times (\gamma_{\text{TH}} \times \Pi_{\text{TH}} + \gamma_{\text{TCy}} \times \Pi_{\text{TCy}}) + \lambda_{0_{\text{M-RH}}} \times (\gamma_{\text{M}} \times \Pi_{\text{M}} + \gamma_{\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}}) \right)_i \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

### Contribution associée au facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	EOS	MOS	TOS	C <sub>sensibilité</sub>
Convertisseurs AC/DC et DC/DC	8,4	3,4	1	5,90

### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{placement}}$

	Π <sub>placement</sub>
Convertisseurs AC/DC et DC/DC	1,6

### Taux de défaillance de base associés au sous-ensemble

	$\lambda_{0 \text{ AC/DC}}$	$\lambda_{0 \text{ DC/DC}}$	$\gamma_{\text{TH}}$	$\gamma_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{M}}$	$\gamma_{\text{RH}}$
$\lambda_{0_{\text{TH-TCy}}}$	$\sqrt{1150 + 86 \cdot \sqrt{P} \cdot \ln(P)}$	$(3,4 + 0,27 \cdot \sqrt{P})^2$	0,359	0,523		
$\lambda_{0_{\text{M-RH}}}$	$\frac{1}{6,48 \cdot 10^{-3} + 0,296 \cdot \frac{\ln(\text{Vol})}{\text{Vol}}}$	$6,4 \cdot \text{Vol}^{0,38} - 0,79$			0,090	0,028

### Description des facteurs technologiques

	AC/DC	DC/DC
P : Puissance de sortie (en W)	5 W < P < 7 000 W	0,5 W < P < 1 000 W
Vol : Volume en cm <sup>3</sup>	25 cm <sup>3</sup> < Vol < 10 000 cm <sup>3</sup>	0,5 cm <sup>3</sup> < Vol < 3 500 cm <sup>3</sup>
si Vol inconnu prendre	$\text{Vol}(Pds) = 1,4 \times Pds$	$\text{Vol}(Pds) = \left( \frac{Pds}{4,2} \right)^{1,3}$
avec Pds : Poids en g	20 g < Pds < 7 000 g	10 g < Pds < 2 200 g

### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$	: temps associé à chaque phase sur une année (heures)
$RH_{\text{ambiante}}$	: taux d'humidité associé à une phase (%)
$T_{\text{ambiante}}$	: température moyenne du sous-ensemble au cours d'une phase (°C)
$\Delta T_{\text{cyclage}}$	: amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
$T_{\text{max-cyclage}}$	: température maximale du sous-ensemble lors d'une phase de cyclage (°C)
$N_{\text{cy-annuel}}$	: nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$	: durée du cycle (heures)
$G_{\text{RMS}}$	: niveau vibratoire associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

### Renseignements liés à la technologie

Type de boîtier : Boîtier moulé ou autres.

### Contributions associées aux stress Physiques

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $e^{11604 \times 0,44 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + \Delta T + 273)} \right]}$ <p>avec : boîtiers moulés, <math>\Delta T=15^{\circ}\text{C}</math> autres boîtiers, <math>\Delta T=10^{\circ}\text{C}</math></p> <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{2,5} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{\text{RH}}$	<p>En phase de non fonctionnement :</p> $\left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,6 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de fonctionnement : <math>\Pi_{\text{RH}} = 0</math></p>



## Batteries lithium et nickel

### Modèle général associé à la famille

**ⓘ Attention : Durée de vie limitée**

$$\lambda = \lambda_{Cst} + \lambda_{Vieillessement}$$

avec :

$$\lambda_{Cst} = \lambda_{Physique} \times \Pi_{PM} \times \Pi_{Process}$$

et :

$$\lambda_{Physique} = \lambda_{0\_Batterie} \times N_{cellules} \times \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left( \Pi_{Thermique} + \Pi_{TCy} + \Pi_{Mécanique} \right)_i \times \left( \Pi_{Induit} \right)_i$$

et :

$$\lambda_{Vieillessement} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(MPP, MC)^{\beta-1}}{\min(DDV_1, DDV_2)^\beta}$$

avec :

- $DDV_1, DDV_2$ , durées de vie calendaires (L10).  
Les batteries ont une durée de vie limitée ( $DDV_1$ ) liée au nombre de cycles de charges/décharges. Les batteries Lithium ont, de plus, et indépendamment du nombre de cycles de charges/décharges, une durée de vie ( $DDV_2$ ) limitée dans le temps. Pour l'estimation des durées de vie, le critère de défaillance est en général une capacité de la batterie inférieure à un seuil spécifié (généralement entre 60% et 80% de la capacité initiale).

En l'absence de données fabricants, prendre :

		Facteur de mérite (Wh/Kg)	NbCD : Nb Cycles Charges/ Décharges	DDV <sub>2</sub> en heures Calendaires
Lithium	Li-ion Polymère	-	300	20 000
	Li-ion (1)	$\leq 100$	300	20 000
		$100 < \leq 200$	500	
		$> 200$	1 000	
	Li-métal Phosphate	-	2 000	35 000
Nano Titane	-	10 000	150 000	
Nickel	NiMH Métal Hydrure (2)	$\leq 50$	300	NA
		$> 50$	1 000	
	Ni-Zn Zinc	-	1 000	
	Ni-Cd Cadmium	-	2 000	

(1) et (2) : si le facteur de mérite n'est pas connu, prendre NbCD = 500

$$DDV_1 = \frac{NbCD}{NbCD_{Annuel}} \times 8760 \quad (8760, \text{ nombre d'heure par an pour un profil de vie annuel})$$

avec  $NbCD_{Annuel}$  : Nombre de cycles de charges/décharges par an.

- MPP, temps moyen calendaire entre 2 maintenances préventives périodiques.  
Si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre MPP = MC.
- MC, temps moyen calendaire entre 2 maintenances correctives dues aux seules pannes de vieillissement :  
$$MC = \min(DDV_1, DDV_2) \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$
- $\beta$ , facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 5,0$ .

**Contribution associée au facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

	EOS	MOS	TOS	$C_{\text{sensibilité}}$
Batteries Lithium et Nickel	7	7	1	6,40

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{placement}}$**

	$\Pi_{\text{placement}}$
Batteries Lithium et Nickel	1,3

**Taux de défaillance de base associés au sous-ensemble**

Description du sous-ensemble	$\lambda_{0\text{-Batterie}}$	Energie d'activation (eV)	$\gamma_{\text{TH}}$	$\gamma_{\text{Cy}}$	$\gamma_{\text{Méca}}$
Nickel : NiMH Métal Hydrure, Ni-Zn Zinc, Ni-Cd Cadmium	0.21	0.40	0.85	0.14	0.01
Lithium : Li-ion, Nano Titane					
Lithium : Li-ion Polymère	0.29				
Lithium : Li-métal Phosphate	0.40				

$N_{\text{cellule}}$  est le nombre de cellules dont est constituée la batterie. Si  $N_{\text{cellule}}$  n'est pas connu, prendre  $N_{\text{cellule}} = 1$ .

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase de fonctionnement sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante-carte}}$  : température moyenne de la carte au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)

**Contributions associées aux stress Physiques**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{TH}} \times e^{11604 \times Ea \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante-carte}} + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p>
$\Pi_{\text{TCy}}$	$\gamma_{\text{TCy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\gamma_{\text{Méca}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$

## Ventilateurs

### Modèle général associé à la famille

ⓘ Attention : Durée de vie limitée

$$\lambda = \lambda_{\text{Cst}} + \lambda_{\text{Vieillessement}}$$

avec :

$$\lambda_{\text{Cst}} = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$$

et :

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

et :

$$\lambda_{\text{Vieillessement}} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(\text{MPP}, \text{MC})^{\beta-1}}{(\text{DDV}_{\text{calendaire}})^{\beta}}$$

avec :

- $\text{DDV}_{\text{calendaire}}$ , durée de vie en heure calendaire.  
Les ventilateurs ont une durée de vie (DDV) limitée liée principalement à l'usure des roulements. Les technologies de ventilateurs pouvant être très différentes, il est préférable de prendre les données du fabricant, généralement accessibles sous forme de durée de vie en fonctionnement (L10). Cette durée de vie en fonctionnement est réputée dépendre de la température de fonctionnement. La durée de vie en heure calendaire se déduit de la durée de vie dans les différentes phases de vie en utilisant la formule suivante :

$$\text{DDV}_{\text{calendaire}} = \left( \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right)_i \times \left( \frac{1}{\text{DDV}} \right)_i \right)^{-1}$$

Avec :

$$\left( \frac{1}{\text{DDV}} \right)_i = 0 \text{ pour les phases de non fonctionnement.}$$

Pour les phases de fonctionnement,  $\left( \frac{1}{\text{DDV}} \right)$  sera calculé à partir de la durée de vie en

fonctionnement (L10) donnée par le fabricant, lorsque cette donnée est accessible. En l'absence de donnée fabricant, prendre :

$$\text{DDV} = 79200 \times \Pi_{\text{Type}} \times [3,53 - 0,744 \times \text{Ln}(B)] \times e^{-Ea \cdot 11604 \cdot \left( \frac{1}{313} - \frac{1}{T+273} \right)} \times \left( \frac{V}{3000} \right)^{-m}$$

Avec :

B, Bruit en dBA

V, Vitesse de rotation en Tours/minute (Tr/mn)

T, Température au voisinage du roulement dans la phase considérée en °C

Si T inconnu, prendre  $T = 30^\circ\text{C}$

Et  $T = 1,1 \times T_{\text{amb}} + 12,5$

Où  $T_{\text{amb}}$  est la température ambiante dans la phase considérée en °C

10 dBA < B < 90 dBA

1500 Tr/mn < V < 5000 Tr/mn

30°C < T < 90°C

pour  $-40^\circ\text{C} \leq T_{\text{amb}} \leq 16^\circ\text{C}$

pour  $16^\circ\text{C} < T_{\text{amb}} \leq 70^\circ\text{C}$

Et :

Type de roulement	$\Pi_{type}$		Ea	m
	AC	DC		
Pallier lisse <i>Sealed sleeve bearing</i>	0,50	0,46	0,46	1,60
Billes (simple) et pallier lisse <i>Single ball bearing (ball/sleeve)</i> Hydro-dynamique <i>Hydrodynamic (hypro)</i>	0,70	0,64	0,40	1,23
Billes (double) <i>Ball bearing (dual)</i>	1,0	0,92	0,28	0,93
Billes céramiques <i>Ceramic bearing</i>	1,4	1,3	0,21	0,57

- MPP, temps moyen calendaire entre 2 maintenances préventives périodiques. Si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre MPP = MC.
- MC, temps moyen calendaire entre 2 maintenances correctives dues aux seules pannes de vieillissement :

$$MC = DDV_{\text{calendaire}} \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$

- $\beta$ , facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 2,2$ .

**Facteur  $C_{\text{sensibilité}}$**

	Sensibilité relative (note sur 10)			$C_{\text{sensibilité}}$
	EOS	MOS	TOS	
Ventilateur	3.7	9.1	2.4	5.5

**Contribution associée au facteur  $\Pi_{\text{placement}}$**

	$\Pi_{\text{placement}}$
Ventilateur	1,6

**Taux de défaillance de base associés au sous-ensemble**

Description du composant	$\lambda_0$ -Ventilateur	$\gamma_{Th}$	$\gamma_{TCy}$	$\gamma_{Méca}$	$\gamma_{Rh}$
Ventilateur	0,17	0,51	0,31	0,08	0,11

**Renseignements liés au profil de vie**

- $t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $T_{\text{ambiante}}$  : température ambiante moyenne au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cyilage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)
- $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)
- $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)

**Contributions associées aux stress Physiques**

<b><math>\Pi_{\text{Thermique}}</math></b>	<p>En phase de fonctionnement :</p> $\gamma_{\text{Th}} \times e^{11604 \times 0,15 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T + 273)} \right]}$ <p>En phase de non-fonctionnement : <math>\Pi_{\text{Thermique}} = 0</math></p> <p>T : température au voisinage du roulement au cours d'une phase (°C)                  Si T inconnu, prendre :                  Pour <math>-40^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{ambiante}} \leq 16</math>                      <math>T = 30^{\circ}\text{C}</math>                  Pour <math>16^{\circ}\text{C} &lt; T_{\text{ambiante}} \leq 70^{\circ}\text{C}</math>                      <math>T = 1,1 \times T_{\text{ambiante}} + 12,5</math></p>
<b><math>\Pi_{\text{Tcy}}</math></b>	$\gamma_{\text{Tcy}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyilage}} + 273)} \right]}$
<b><math>\Pi_{\text{Mécanique}}</math></b>	$\gamma_{\text{M}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
<b><math>\Pi_{\text{RH}}</math></b>	$\gamma_{\text{Rh}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,8 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$

## Claviers

### Généralités

ⓘ Attention : Durée de vie limitée

Ce modèle décrit les claviers à contacts à membrane, à course longue ou courte.

Le modèle clavier comprend la partie mécanique du clavier (touches) et la carte clavier qui assure l'interface électrique. Ces deux éléments sont distingués dans le modèle.

Le modèle clavier ne prend pas en compte les différentes options possibles que peuvent comporter certains claviers (lecteurs de carte, option sans fil, dispositif de pointage...).

### Modèle général associé à la famille

$$\lambda = \lambda_{Cst} + \lambda_{Vieillessement}$$

avec :

$$\lambda_{Cst} = \lambda_{Physique} \times \Pi_{PM} \times \Pi_{Process}$$

et :

$$\lambda_{Physique} = \lambda_{Clavier} + \lambda_{Carte}$$

$$\lambda_{Clavier} = \lambda_{0\_Clavier} \times \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left( \frac{\Pi_{Th\_Clavier} + \Pi_{TCy\_Clavier}}{\Pi_{Rh\_Clavier} + \Pi_{Mécanique\_Clavier}} \right)_i \times (\Pi_{Induit})_i$$

$$\lambda_{Carte} = \lambda_{0\_Carte} \times \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{annuel}}{8760} \right)_i \times \left( \frac{\Pi_{Th\_Carte} + \Pi_{TCy\_Carte} + \Pi_{Rh\_Carte}}{\Pi_{Mécanique\_Carte} + \Pi_{Chimique\_Carte}} \right)_i \times (\Pi_{Induit})_i$$

et :

$$\lambda_{Vieillessement} = 0,105 \cdot 10^9 \times \frac{\min(MPP, MC)^{\beta-1}}{DDV^\beta}$$

avec :

- DDV, durée de vie calendaire (L10).  
Les claviers à membrane ont une durée de vie limitée. Il est toujours préférable de prendre les données constructeur, généralement accessibles. Toutefois, en l'absence d'information, prendre :

$$DDV = \frac{N_{Frappes}}{Frq}$$

Avec :

- $N_{Frappes}$ , Nombre de frappe au clavier avant défaillance.
  - $Frq$ , Fréquence de frappe au clavier en Nombre de frappes/heure calendaire.
- Si  $N_{Frappes}$  n'est pas connu, prendre :

$$N_{Frappes} = (0,69 + 0,34 \times Poids^{2,5}) \times (N_{Touches})^{1-\frac{1}{\beta}} \times 10^6$$

Où  $N_{Touches}$  est le nombre de touches du clavier.

- Poids, le poids du clavier en kilogrammes.  $0,1 \text{ Kg} < \text{Pds} < 2 \text{ Kg}$ .
- $\beta$ , facteur de forme de Weibull, par défaut  $\beta = 2,4$ .
- MPP, temps moyen calendaire entre 2 Maintenance Préventives Périodiques. Si la politique de maintenance n'en prévoit pas, prendre  $\text{MPP} = \text{MC}$ .
- MC, temps moyen calendaire entre 2 Maintenance Correctives dues aux seules pannes de vieillissement :

$$\text{MC} = \text{DDV} \times 6,579^{\frac{1}{\beta}}$$

Exemple : Le clavier d'un ordinateur bureautique dont le nombre de cycle avant défaillance serait de  $N_{\text{Frappes}} = 10^6$  frappes subit, en moyenne, une fréquence de frappe de l'ordre de 3000 caractères par jours soit  $\text{Frq} = 3000/24 = 125$  caractères par heure calendaire. Sa durée de vie est alors :  $\text{DDV} = 10^6/125 = 80\,000$  heures calendaire.

Le même clavier utilisé à 180 frappes/minute pendant 2 heures/jour, correspondant à une fréquence  $\text{Frq} = 900$  frappes par heure calendaire aurait comme durée de vie :  $\text{DDV} = 10^6/900 = 11\,000$  heures calendaire

#### Contribution associée au facteur $C_{\text{sensibilité}}$

	$C_{\text{sensibilité}}$
Clavier membrane	7,2
Carte clavier	4,7

#### Contribution associée au facteur $\Pi_{\text{placement}}$

	$\Pi_{\text{placement}}$
Clavier et Carte clavier	1,6

#### Taux de défaillance de base associés au sous-ensemble Clavier

Description du composant		$\lambda_{0\text{-Clavier}}$	$\gamma_{\text{Th-Clavier}}$	$\gamma_{\text{Tcy-Clavier}}$	$\gamma_{\text{RH-Clavier}}$	$\gamma_{\text{Méca-Clavier}}$
Clavier membrane	Jusqu'à 20 touches	1,0	0,27	0,13	0,32	0,28
	De 20 à 70 touches	2,0	0,38	0,10	0,19	0,33
	De 70 à 95 touches	3,0	0,45	0,10	0,12	0,33
	De 95 à 120 touches	3,6	0,45	0,10	0,12	0,33
	Plus de 120 touches	4,5	0,45	0,10	0,12	0,33

#### Taux de défaillance de base associés au sous-ensemble Carte clavier

Description du composant	Phases	$\lambda_{0\text{-Carte}}$	$\gamma_{\text{Th-Carte}}$	$\gamma_{\text{Tcy\_B-Carte}}$	$\gamma_{\text{Tcy\_JB-Carte}}$	$\gamma_{\text{RH-Carte}}$	$\gamma_{\text{Méca-Carte}}$	$\gamma_{\text{Chim-Carte}}$
Carte clavier	ON	2,9	0,21	0,24	0,23	0,03	0,07	0,22
	OFF	2,9	0	0,24	0,23	0,24	0,07	0,22



### Renseignements liés au profil de vie

$t_{\text{annuel}}$  : temps associé à chaque phase sur une année (heures)  
 $T_{\text{ambiante}}$  : température ambiante moyenne au cours d'une phase (°C)  
 $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)  
 $T_{\text{max-cyclage}}$  : température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)  
 $N_{\text{cy-annuel}}$  : nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)  
 $\theta_{\text{cy}}$  : durée du cycle (heures)  
 $G_{\text{RMS}}$  : stress associé à chaque phase de vibration aléatoire (Grms)  
 $RH_{\text{ambiante}}$  : taux d'humidité associé à une phase (%)  
 Niveau de pollutions (voir tables) :

Niveau de pollution saline	$\Pi_{\text{sal}}$
Faible	1
Forte	2

Niveau de protection produit	$\Pi_{\text{prot}}$
Hermétique	0
Non hermétique	1

Niveau de pollution d'application	$\Pi_{\text{zone}}$
Faible	1
Modérée	2
Forte	4

Niveau de pollution d'environnement	$\Pi_{\text{envir}}$
Faible	1
Modérée	1,5
Forte	2

### Contributions associées aux contraintes physiques

$\Pi_{Th \text{ Clavier}}$	$\gamma_{Th \text{ -Clavier}} \times e^{11604 \times 0,25 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Tcy \text{ Clavier}}$	$\gamma_{Tcy \text{ -Clavier}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{M\acute{e}canique \text{ Clavier}}$	$\gamma_{M\acute{e}ca \text{ -Clavier}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH \text{ Clavier}}$	$\gamma_{RH \text{ -Clavier}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times 0,86 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{Th \text{ Carte}}$	$\gamma_{Th \text{ -Carte}} \times e^{11604 \times 0,27 \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ $\gamma_{Th \text{ -Carte}}$ est différent en fonctionnement et en non fonctionnement
$\Pi_{Tcy \text{ Carte}}$	$\Pi_{Tcy} = \Pi_{Tcy\_B} + \Pi_{Tcy\_JB}$ $\Pi_{Tcy\_B} = \gamma_{Tcy\_B \text{ -Carte}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,27} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$ $\Pi_{Tcy\_JB} = \gamma_{Tcy\_JB \text{ -Carte}} \times \left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{1,9} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{M\acute{e}canique \text{ Carte}}$	$\gamma_{M\acute{e}ca \text{ -Carte}} \times \left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^{1,5}$
$\Pi_{RH \text{ Carte}}$	$\gamma_{RH \text{ -Carte}} \times \left( \frac{RH_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times Ea \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]}$ $\gamma_{RH \text{ -Carte}}$ est différent en fonctionnement et en non fonctionnement En phase de fonctionnement : $Ea = 0,80$ En phase de non-fonctionnement : $Ea = 0,84$
$\Pi_{Chimique \text{ Carte}}$	$\gamma_{\text{Chim -Carte}} \times \Pi_{\text{Sal}} \times \Pi_{\text{Envir}} \times \Pi_{\text{Zone}} \times \Pi_{\text{Prot}}$

## **Comptage fiabilité par familles d'articles et par types d'articles**

## Principes généraux

Les deux méthodes de calcul comptage par familles et comptage par types sont des méthodes d'évaluations simplifiées de la fiabilité. Elles ont été établies par moyenne des différents paramètres détaillés dans les fiches des composants et, pour cette raison, l'utilisation de ces méthodes simplifiées ne donne pas nécessairement des résultats pessimistes ou prudents. Les valeurs de taux de défaillances obtenus pour un ensemble de composants seront d'autant plus proches d'un calcul détaillé que les quantités et surtout la diversité des composants utilisés seront importantes. Au contraire, des écarts plus importants pourraient apparaître dans le cas d'un ensemble constitué de peu de type différent de composants. Les contraintes appliquées aux composants sont presque toujours fixées par défaut sur la base de niveaux usuellement observés et respectueux des règles de l'art.

La méthode de comptage par familles d'articles est particulièrement intéressante lors des phases les plus amont d'un projet. C'est la méthode qui permet une évaluation de fiabilité avec le plus faible niveau d'information sur la définition du produit. En particulier la description technologique des articles est très simplifiée et presque toutes les contraintes d'application sont fixées à des valeurs par défaut.

La méthode de comptage par types d'articles est semblable à la méthode de comptage par famille mais avec une granularité plus fine. Elle permet d'avoir rapidement des évaluation de fiabilité de façon à pouvoir focaliser ensuite les efforts d'études et de construction de la fiabilité sur les points les plus sensibles. Cette méthode est donc particulièrement utile pour les études de fiabilité sur les très gros systèmes où il n'est pas forcément nécessaire de détailler finement des millions de composant.

Note : Ces deux méthodes sont à distinguer de la méthode carte COTS qui reste la mieux adaptée pour les évaluations des cartes COTS.

### **Profil de vie et contraintes physiques :**

Le profil de vie est à décrire de la même façon que pour l'application de la méthode détaillée complète. La seule simplification qui est faite concerne les informations relatives aux contraintes chimiques qui sont fixées à des valeurs par défaut et n'ont pas besoin d'être renseignées.

### **Audit Processus, $\Pi_{process}$ :**

Le  $\Pi_{process}$  est à considérer comme pour l'application complète de la méthodologie FIDES. L'utilisation de la valeur par défaut peut nuire à la précision des résultats finaux.

### **Facteur Induit, $\Pi_{induit}$ :**

Le  $\Pi_{induit}$  est à considérer comme pour l'application complète de la méthodologie FIDES, sauf pour le  $\Pi_{placement}$  qui n'est pas à considérer au niveau composant mais directement au niveau de l'objet à calculer. Le facteur  $C_{sensibilité}$  est précisé par famille de composant dans les tableaux comptage par familles et comptage par type donnés ci-après.

**Facteur fabrication article  $\Pi_{PM}$  :**

Le  $\Pi_{PM}$  est simplifié et pris comme une politique de choix des composants à considérer globalement et non pas par famille de composant.

$$\Pi_{PM} = e^{1,39 \times (1 - \text{Part\_Grade}) - 0,69}$$

Avec :

$$\text{Part\_Grade} = \left[ \frac{(AQ_{\text{fabricant}} + AQ_{\text{composant}} + AF_{\text{composant}}) \times \varepsilon}{36} \right]$$

**AQ<sub>fabricant</sub>**

<b>Le niveau d'Assurance Qualité des fabricants choisis est le plus souvent, par exemple</b>	<b>Position par rapport à l'état de l'art</b>	<b>AQ<sub>fabricant</sub></b>
TS16949	Supérieur	3
Certifié ISO 9000 ou MIL PRF 38535 ou EN 9100	Equivalent	2
STACK 0001	Inférieur	1
Pas d'informations	Très inférieur	0

**AQ<sub>composant</sub>**

<b>Le niveau d'Assurance Qualité des composants choisis est le plus souvent, par exemple</b>	<b>Position par rapport à l'état de l'art</b>	<b>AQ<sub>composant</sub></b>
Qualification selon AEC Q100, Q101, ou JESD47	Supérieur	3
Qualification selon standards JESD22, JEP143 ou QML	Equivalent	2
Programme de qualification fabricant, sites de fabrication non identifiés	Inférieur	1
Pas d'informations	Très inférieur	0

**AF<sub>composant</sub>**

<b>Le niveau des essais effectués sur la plupart des choisis est le plus souvent, par exemple</b>	<b>Position par rapport à l'état de l'art</b>	<b>AQ<sub>composant</sub></b>
Des essais très sévères sont généralement effectués	Très fiable - Niveau A	3
Des essais sévères sont généralement effectués	Très fiable - Niveau B	2
Des essais sont généralement effectués	Fiable	1
Pas d'essais	Non fiable	0

*Des essais types sont donnés, par exemple, pour les circuits intégrés dans la méthode détaillée.*

**Facteur d'expérience  $\varepsilon$**

<b>Les fabricants choisis sont le plus souvent</b>	<b>Position par rapport à l'état de l'art</b>	<b>Facteur <math>\varepsilon</math></b>
Reconnus avec des procédés matures	Très peu de risque	4
Reconnus avec des procédés non analysés ou non matures	Peu de risque	3
Non reconnus	Risque	2
Précédentes disqualifications, problèmes constatés,...	Risque important	1

**Modèle général associé à toutes les familles**

$$\lambda = \lambda_{\text{Physique}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}} \quad \text{avec :}$$

$$\lambda_{\text{Physique}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right) \times (\lambda_{\text{ECU}})_i + \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{annuel}}}{8760} \right) \times \left( \begin{matrix} \lambda_{\text{TH}} \cdot \Pi_{\text{Thermique}} + \\ \lambda_{\text{TcyB}} \cdot \Pi_{\text{TcyBoitier}} + \\ \lambda_{\text{TcyJB}} \cdot \Pi_{\text{TcyJoints_Brasés}} + \\ \lambda_{\text{M}} \cdot \Pi_{\text{Mécanique}} + \\ \lambda_{\text{RH}} \cdot \Pi_{\text{RH}} \end{matrix} \right) \times (\Pi_{\text{Induit}})_i$$

Le taux de défaillance  $\lambda_{\text{ECU}}$  est celui des contributions Electrique (cas des relais et interrupteurs), Chimique et vieillissement (Usure) dont l'évolution en fonction des conditions d'environnement est nulle ou négligée dans le cas des méthodes de comptage fiabilité. Cependant  $\lambda_{\text{ECU}}$  est différent en fonctionnement (sous tension) et en non fonctionnement (hors tension).

**Renseignements liés au profil d'emploi**

- $t_{\text{annuel}}$  : Temps associé à chaque phase sur une année (heures)
- $\text{RH}_{\text{ambiante}}$  : Taux d'humidité associé à une phase (%)
- $T_{\text{ambiante}}$  : Température moyenne au cours d'une phase (°C)
- $\Delta T_{\text{cyclage}}$  : Amplitude de variation associée à une phase de cyclage (°C)
- $T_{\text{max-cylage}}$  : Température maximale au niveau de la carte lors d'une phase de cyclage (°C)
- $N_{\text{cy-annuel}}$  : Nombre de cycles associé à chaque phase de cyclage sur une année (cycles)
- $\theta_{\text{cy}}$  : Durée du cycle (heures)
- Grms : Niveau de vibrations aléatoires associé à chaque phase (Grms)

**Contributions associées aux stress physiques :**

$\Pi_{\text{Thermique}}$	$e^{11604 \times E_a_{\text{Th}}} \times \left[ \frac{1}{T_0 + 273} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + \Delta T \times e^{-\alpha \cdot T_{\text{ambiante}}} + 273)} \right]$
$\Pi_{\text{TcyBoitier}}$	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{m_B} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{TcyJoints_Brasés}}$	$\left( \frac{12 \times N_{\text{cy-annuel}}}{t_{\text{annuel}}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{\text{cy}}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{\text{cyclage}}}{20} \right)^{m_{\text{JB}}} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{(T_{\text{max-cyclage}} + 273)} \right]}$
$\Pi_{\text{Mécanique}}$	$\left( \frac{G_{\text{RMS}}}{0,5} \right)^n$
$\Pi_{\text{RH}}$	$\left( \frac{\text{RH}_{\text{ambiante}}}{70} \right)^{4,4} \times e^{11604 \times E_a_{\text{RH}}} \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{(T_{\text{ambiante}} + 273)} \right]$

### Comptage par types d'articles : Paramètres

#### Paramètres associés aux phases de fonctionnement (ON) du comptage par types

		Phases ON : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit	
		Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité	
		$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Circuit intégré Numérique	Hermétique	≤ 24 p	0,021	0,7	20	3	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0,021	0,7	20	5	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0,021	0,7	20	7	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0,021	0,7	20	10	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0,021	0,7	20	14	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
	Non Hermétique	≤ 24 p	0,021	0,7	20	3	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0,021	0,7	20	5	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0,021	0,7	20	7	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0,021	0,7	20	10	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0,021	0,7	20	14	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
Circuit intégré Mémoire	Hermétique	≤ 24 p	0,054	0,7	20	6	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0,054	0,7	20	8	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0,054	0,7	20	12	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0,054	0,7	20	17	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0,054	0,7	20	24	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
	Non Hermétique	≤ 24 p	0,054	0,7	20	6	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0,054	0,7	20	8	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0,054	0,7	20	12	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0,054	0,7	20	17	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0,054	0,7	20	24	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
Circuit intégré Micro*, DSP, ASIC simple	Hermétique	≤ 24 p	0,075	0,7	20	8	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0,075	0,7	20	11	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0,075	0,7	20	17	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0,075	0,7	20	23	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0,075	0,7	20	33	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3

			Phases ON : Paramètres moyens par défaut par type d'article													Induit		
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité	
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Circuit intégré Analogique, Mixte, FPGA, CPLD, ASIC complexe	Non Hermetique	$\leq 24$ p	0,075	0,7	20	8	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3	
		de 24 à 48 p	0,075	0,7	20	11	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3	
		de 48 à 144 p	0,075	0,7	20	17	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3	
		de 144 à 288 p	0,075	0,7	20	23	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3	
		> 288 p	0,075	0,7	20	33	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3	
	Hermetique	$\leq 24$ p	0,14	0,7	20	10	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3	
		de 24 à 48 p	0,14	0,7	20	15	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3	
		de 48 à 144 p	0,14	0,7	20	22	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3	
		de 144 à 288 p	0,14	0,7	20	30	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3	
		> 288 p	0,14	0,7	20	43	0	0	0	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3	
Non Hermetique	$\leq 24$ p	0,14	0,7	20	10	0	0	0	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3		
	de 24 à 48 p	0,14	0,7	20	15	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3		
	de 48 à 144 p	0,14	0,7	20	22	0	0	0	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3		
	de 144 à 288 p	0,14	0,7	20	30	0	0	0	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3		
Diode	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0,0075	0,7	20	10	0	0	0,0008	4	0,0040	1,9	0,000080	1,5	0	5,2	
			puissance	0,15	0,7	20	43	0	0	0,0041	4	0,021	1,9	0,00041	1,5	0	5,2	
		TH	faible puissance	0,0075	0,7	20	10	0	0	0,0011	4	0,0055	1,9	0,00011	1,5	0	5,2	
			puissance	0,15	0,7	20	43	0	0	0,003	4	0,015	1,9	0,00030	1,5	0	5,2	
	Hermetique	SMD	0,079	0,7	20	27	0	0	0,0078	4	0,039	1,9	0,00078	1,5	0	5,2		
		TH	0,079	0,7	20	27	0	0	0,01	4	0,051	1,9	0,0010	1,5	0	5,2		
	Transistor	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0,014	0,7	20	10	0	0	0,0008	4	0,0040	1,9	0,00008	1,5	0	5,2
				puissance	0,034	0,7	20	43	0	0	0,0041	4	0,021	1,9	0,00041	1,5	0	5,2
TH			faible puissance	0,014	0,7	20	10	0	0	0,0011	4	0,0055	1,9	0,00011	1,5	0	5,2	
			puissance	0,034	0,7	20	43	0	0	0,003	4	0,015	1,9	0,0003	1,5	0	5,2	
Hermetique		SMD	0,024	0,7	20	27	0	0	0,0078	4	0,039	1,9	0,00078	1,5	0	5,2		
		TH	0,024	0,7	20	27	0	0	0,01	4	0,051	1,9	0,001	1,5	0	5,2		
Photodiode	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0,05	0,4	20	7	0	0	0,0008	4	0,014	1,9	0,0051	1,5	0	5,2	
			puissance	0,05	0,4	20	29	0	0	0,0041	4	0,031	1,9	0,0054	1,5	0	5,2	
		TH	faible puissance	0,05	0,4	20	7	0	0	0,0011	4	0,016	1,9	0,0051	1,5	0	5,2	



				Phases ON : Paramètres moyens par défaut par type d'article													Induit		
				Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité	
				$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Hermetique	puissance			0,05	0,4	20	29	0	0	0	0,003	4	0,025	1,9	0,0053	1,5	0	5,2	
	SMD			0,05	0,4	20	18	0	0	0	0,0078	4	0,049	1,9	0,0058	1,5	0	5,2	
	TH			0,05	0,4	20	18	0	0	0	0,01	4	0,061	1,9	0,0060	1,5	0	5,2	
Phototransistor	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0,11	0,4	20	7	0	0	0	0,0008	4	0,025	1,9	0,011	1,5	0	5,2	
			puissance	0,11	0,4	20	29	0	0	0	0	0,0041	4	0,042	1,9	0,011	1,5	0	5,2
		TH	faible puissance	0,11	0,4	20	7	0	0	0	0	0,0011	4	0,027	1,9	0,011	1,5	0	5,2
	puissance		0,11	0,4	20	29	0	0	0	0	0,003	4	0,036	1,9	0,011	1,5	0	5,2	
	Hermetique	SMD			0,11	0,4	20	18	0	0	0	0,0078	4	0,060	1,9	0,012	1,5	0	5,2
		TH			0,11	0,4	20	18	0	0	0	0,01	4	0,072	1,9	0,012	1,5	0	5,2
Potentiomètre				0,13	0,15	20	33	0	0	0	0	1	0,11	1,9	0,066	1,5	0	2,5	
Résistance	forte dissipation			0,010	0,15	20	78	0	0	0	0	1	0,37	1,9	0,0040	1,5	0	2,3	
	faible dissipation			0,0050	0,15	20	12	0	0	0	0	1	0,19	1,9	0,0020	1,5	0	2,8	
Résistance à feuille métallique gravée				0,021	0,15	20	26	0	0	0	0	1	0,097	1,9	0,012	1,5	0	5,8	
Réseau résistif, Chip résistif				0,00021	0,15	20	7	0	0	0	0	1	0,020	1,9	0,00021	1,5	0	4,5	
Condensateur céramique	produit CV modéré			0,048	0,1	20	0	0	0	0	1	0,019	1,9	0,0014	1,5	0	6,1		
	produit CV élevé			0,12	0,1	20	0	0	0	0	1	0,075	1,9	0,0074	1,5	0	6,1		
Condensateur aluminium				0,26	0,4	20	0	0	0	0	1	0,043	1,9	0,0031	1,5	0	6,4		
Condensateur tantale	gélifié			0,33	0,15	20	0	0	0	0	1	0,0043	1,9	0,052	1,5	0	7,0		
	solide			0,54	0,15	20	0	0	0	0	1	0,072	1,9	0,013	1,5	0	7,0		
Inductance				0,013	0,15	20	17	0	0	0	1	0,024	1,9	0,0043	1,5	0	5,5		
Transformateur	faible puissance			0,0013	0,15	20	10	0	0	0	1	0,091	1,9	0,033	1,5	0	6,9		
	forte puissance			0,038	0,15	20	30	0	0	0	1	0,17	1,9	0,040	1,5	0	6,8		
Résonateur à quartz	traversant			0,23	0	20	0	0	0	0	1	0,37	1,9	0,22	1,5	0	4,6		
	CMS			0,13	0	20	0	0	0	0	1	0,47	1,9	0,12	1,5	0	4,6		
Oscillateur à quartz	traversant			1,65	0	20	0	0	0	0	1	0,68	1,9	0,22	1,5	0	8,1		
	CMS			1,65	0	20	0	0	0	0	1	0,94	1,9	0,12	1,5	0	8,1		
Relais jusqu'à 10 contacts	Charge résistive	< 3 actuations/h		2,6	0,25	40	57	0,024	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	0,76	1,5	0,12	7,55	
		≥ 3 actuations/h		26	0,25	40	57	0,024	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	7,6	1,5	1,2	7,55	
	Charge non résistive	< 3 actuations/h		2,6	0,25	40	57	0,024	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	0,76	1,5	2,4	7,55	
		≥ 3 actuations/h		26	0,25	40	57	0,024	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	7,6	1,5	24	7,55	

			Phases ON : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$	
Relais > 10 contacts	Charge résistive	< 3 actuations/h	6,2	0,25	40	57	0,024	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	1,8	1,5	0,28	7,55
		≥ 3 actuations/h	62	0,25	40	57	0,024	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	18	1,5	2,8	7,55
	Charge non résistive	< 3 actuations/h	6,2	0,25	40	57	0,024	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	1,8	1,5	5,7	7,55
		≥ 3 actuations/h	62	0,25	40	57	0,024	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	18	1,5	57	7,55
Poussoir, Inter., Inver. ( < 4 pattes )		charge résistive	0,45	0,25	40	52	0,024	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0,030	7,45
DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes )			0,88	0,25	40	52	0,024	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	0,058	7,45
Commutateur ( > 10 pattes )			1,9	0,25	40	52	0,024	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	0,13	7,45
Poussoir, Inter., Inver. ( < 4 pattes )			0,45	0,25	40	52	0,024	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0,59	7,45
DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes )		charge non résistive	0,88	0,25	40	52	0,024	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	1,2	7,45
Commutateur ( > 10 pattes )			1,9	0,25	40	52	0,024	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	2,6	7,45
Connecteur circuit imprimé et supports CI	soudés (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts	0,29	0,1	20	5	0	0,066	0,8	0	1	0,020	1,9	0,025	1,5	0,22	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts	0,93	0,1	20	5	0	0,21	0,8	0	1	0,064	1,9	0,080	1,5	0,69	4,4
		de plus de 200 contacts	2,1	0,1	20	5	0	0,47	0,8	0	1	0,14	1,9	0,18	1,5	1,5	4,4
	wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts	0,073	0,1	20	5	0	0,016	0,8	0	1	0,0051	1,9	0,0063	1,5	0,055	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts	0,23	0,1	20	5	0	0,052	0,8	0	1	0,016	1,9	0,020	1,5	0,17	4,4
		de plus de 200 contacts	0,52	0,1	20	5	0	0,12	0,8	0	1	0,036	1,9	0,045	1,5	0,39	4,4
Autre connecteur	soudés (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts	0,18	0,1	20	5	0	0,039	0,8	0	1	0,012	1,9	0,015	1,5	0,13	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts	0,56	0,1	20	5	0	0,12	0,8	0	1	0,038	1,9	0,048	1,5	0,42	4,4
		de plus de 200 contacts	1,2	0,1	20	5	0	0,28	0,8	0	1	0,086	1,9	0,11	1,5	0,93	4,4
	wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts	0,044	0,1	20	5	0	0,010	0,8	0	1	0,0030	1,9	0,0038	1,5	0,033	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts	0,14	0,1	20	5	0	0,031	0,8	0	1	0,010	1,9	0,012	1,5	0,10	4,4
		de plus de 200 contacts	0,31	0,1	20	5	0	0,070	0,8	0	1	0,021	1,9	0,027	1,5	0,23	4,4
Circuit imprimé, PTH		jusqu'à 2000 reports	0	0	40	0	0	0,090	0,8	0	1	0,30	1,9	0,10	1,5	0,022	6,5
		> 2000 reports	0	0	40	0	0	0,36	0,8	0	1	1,2	1,9	0,40	1,5	0,087	6,5
Circuit imprimé, CMS		jusqu'à 2000 reports	0	0	40	0	0	1,2	0,8	0	1	4,1	1,9	1,4	1,5	0,30	6,5
		> 2000 reports	0	0	40	0	0	4,9	0,8	0	1	16	1,9	5,5	1,5	1,2	6,5
Disque dur		EIDE	8,2	0,785	20	0	0	0	0	0	1	0	1	230	1,5	510	5,0
		SCSI	2,9	0,785	20	0	0	0	0	0	1	0	1	110	1,5	510	5,0

			Phases ON : Paramètres moyens par défaut par type d'article													Induit		
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us		Csensibilité
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Ecran LCD (Classe III)	STN	jusqu'à 14"	449	0,5	20	0	0	0	0	0	1	0	1	3520	1,5	1167	1,8	
		de 14" à 20"	713	0,5	20	0	0	0	0	0	1	0	1	5697	1,5	1167	1,8	
	TFT	de 14" à 20"	137	0,6	20	0	0	0	0	0	1	0	1	1346	1,5	1167	2,4	
		au delà de 20"	252	0,6	20	0	0	0	0	0	1	0	1	2156	1,5	1167	2,4	
Moniteur CRT	jusqu'à 20"		42	0,35	20	0	0	64	0,8	0	1	526	1,9	263	1,5	2858	3,2	
	au delà de 20"		89	0,35	20	0	0	269	0,8	0	1	796	1,9	401	1,5	2858	3,2	
Alimentation à découpage	jusqu'à 500W		77	0,44	20	0	0	0	0	0	1	112	2,5	23	1,5	0	5,9	
	au delà de 500W		142	0,44	20	0	0	0	0	0	1	207	2,5	26	1,5	0	5,9	
Convertisseur DC/DC	jusqu'à 50W		19	0,44	20	0	0	0	0	0	1	27	2,5	6,4	1,5	0	5,9	
	au delà de 50W		47	0,44	20	0	0	0	0	0	1	68	2,5	12	1,5	0	5,9	

SMD : Surface Mounted Device - CMS : Composant monté en surface

TH : Through Hole - Trou traversant

ECU = Electrique, Chimique, Usure

**Paramètres associés aux phases de non fonctionnement (OFF) du comptage par types**

		Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit	
		Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		EI.Ch.Us	Csensibilité	
		$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Circuit intégré Numérique	Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
	Non Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0,011	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0,072	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0	0	0	0	0	0,45	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
Circuit intégré Mémoire	Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
	Non Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0,011	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0,072	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0	0	0	0	0	0,45	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
Circuit intégré Micro*, DSP, ASIC simple	Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		> 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3
	Non Hermétique	≤ 24 p	0	0	0	0	0	0,011	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0,072	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3

			Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par type d'article													Induit		
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité	
			λTh	Ea_Th	To	ΔT	α	λRh	Ea_Rh	λTcy_B	m_B	λTcy_JB	m_JB	λM	n	λECU		
Circuit intégré Analogique, Mixte, FPGA, CPLD, ASIC complexe	Hermétique	de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3	
		> 288 p	0	0	0	0	0	0,45	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3	
		≤ 24 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3	
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3	
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3	
	Non Hermétique	de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3	
		> 288 p	0	0	0	0	0	0	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3	
		≤ 24 p	0	0	0	0	0	0,011	0,9	0,002	4	0,012	1,9	0,00028	1,5	0	6,3	
		de 24 à 48 p	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3	
		de 48 à 144 p	0	0	0	0	0	0,072	0,9	0,0084	4	0,11	1,9	0,0036	1,5	0	6,3	
		de 144 à 288 p	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,30	1,9	0,011	1,5	0	6,3	
		> 288 p	0	0	0	0	0	0,45	0,9	0,034	4	0,96	1,9	0,043	1,5	0	6,3	
Diode	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,0008	4	0,0040	1,9	0,000080	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,034	0,9	0,0041	4	0,021	1,9	0,00041	1,5	0	5,2
		TH	faible puissance	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0011	4	0,0055	1,9	0,00011	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,059	0,9	0,003	4	0,015	1,9	0,00030	1,5	0	5,2
	Hermetique	SMD	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0078	4	0,039	1,9	0,00078	1,5	0	5,2	
		TH	0	0	0	0	0	0	0,9	0,01	4	0,051	1,9	0,0010	1,5	0	5,2	
Transistor	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,0008	4	0,0040	1,9	0,00008	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,034	0,9	0,0041	4	0,021	1,9	0,00041	1,5	0	5,2
		TH	faible puissance	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0011	4	0,0055	1,9	0,00011	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,059	0,9	0,003	4	0,015	1,9	0,0003	1,5	0	5,2
	Hermetique	SMD	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0078	4	0,039	1,9	0,00078	1,5	0	5,2	
		TH	0	0	0	0	0	0	0,9	0,01	4	0,051	1,9	0,001	1,5	0	5,2	
Photodiode	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,0008	4	0,014	1,9	0,0051	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,034	0,9	0,0041	4	0,031	1,9	0,0054	1,5	0	5,2
		TH	faible puissance	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0011	4	0,016	1,9	0,0051	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,059	0,9	0,003	4	0,025	1,9	0,0053	1,5	0	5,2
	Hermetique	SMD	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0078	4	0,049	1,9	0,0058	1,5	0	5,2	
		TH	0	0	0	0	0	0	0,9	0,01	4	0,061	1,9	0,0060	1,5	0	5,2	

			Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit	
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité	
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$		
Phototransistor	Non Hermetique	SMD	faible puissance	0	0	0	0	0	0,01	0,9	0,0008	4	0,025	1,9	0,011	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,034	0,9	0,0041	4	0,042	1,9	0,011	1,5	0	5,2
		TH	faible puissance	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0011	4	0,027	1,9	0,011	1,5	0	5,2
			puissance	0	0	0	0	0	0,059	0,9	0,003	4	0,036	1,9	0,011	1,5	0	5,2
	Hermetique	SMD	0	0	0	0	0	0	0,9	0,0078	4	0,060	1,9	0,012	1,5	0	5,2	
		TH	0	0	0	0	0	0	0,9	0,01	4	0,072	1,9	0,012	1,5	0	5,2	
Potentiometre			0	0	0	0	0	0,003	0,9	0	1	0,11	1,9	0,066	1,5	0	2,5	
Résistance	forte dissipation		0	0	0	0	0	0,014	0,9	0	1	0,37	1,9	0,0040	1,5	0	2,3	
	faible dissipation		0	0	0	0	0	0,0045	0,9	0	1	0,19	1,9	0,0020	1,5	0	2,8	
Résistance à feuille métallique gravée			0	0	0	0	0	0,064	0,9	0	1	0,097	1,9	0,012	1,5	0	5,8	
Réseau résistif, Chip résistif			0	0	0	0	0	0,00021	0,9	0	1	0,020	1,9	0,00021	1,5	0	4,5	
Condensateur céramique	produit CV modéré		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,019	1,9	0,0014	1,5	0	6,1	
	produit CV élevé		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,075	1,9	0,0074	1,5	0	6,1	
Condensateur aluminium			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,043	1,9	0,0031	1,5	0	6,4	
Condensateur tantale	gélifié		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0043	1,9	0,052	1,5	0	7,0	
	solide		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,072	1,9	0,013	1,5	0	7,0	
Inductance			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,024	1,9	0,0043	1,5	0	5,5	
Transformateur	faible puissance		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,091	1,9	0,033	1,5	0	6,9	
	forte puissance		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,17	1,9	0,040	1,5	0	6,8	
Résonateur à quartz	traversant		0	0	0	0	0	0,094	0,9	0	1	0,37	1,9	0,22	1,5	0	4,6	
	CMS		0	0	0	0	0	0,077	0,9	0	1	0,47	1,9	0,12	1,5	0	4,6	
Oscillateur à quartz	traversant		0	0	0	0	0	0,19	0,9	0	1	0,68	1,9	0,22	1,5	0	8,1	
	CMS		0	0	0	0	0	0,15	0,9	0	1	0,94	1,9	0,12	1,5	0	8,1	
Relais jusqu'à 10 contacts	Charge résistive	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	0,76	1,5	0	7,55	
		≥ 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	7,6	1,5	0	7,55	
	Charge non résistive	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	0,76	1,5	0	7,55	
		≥ 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,13	0,9	0	1	0,10	1,9	7,6	1,5	0	7,55	
Relais > 10 contacts	Charge résistive	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	1,8	1,5	0	7,55	
		≥ 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	18	1,5	0	7,55	
	Charge non	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	1,8	1,5	0	7,55	

		Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit					
		Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité					
		λTh	Ea_Th	To	ΔT	α	λRh	Ea_Rh	λTcy_B	m_B	λTcy_JB	m_JB	λM	n	λECU						
	résistive	≥ 3 actuations/h					0	0	0	0	0	0,31	0,9	0	1	0,24	1,9	18	1,5	0	7,55
	Poussoir, Inter., Inver. ( < 4 pattes )	charge résistive					0	0	0	0	0	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0	7,45
	DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes)						0	0	0	0	0	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	0	7,45
	Commutateur ( > 10 pattes)						0	0	0	0	0	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	0	7,45
	Poussoir, Inter., Inver. ( < 4 pattes )	charge non résistive					0	0	0	0	0	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0	7,45
	DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes)						0	0	0	0	0	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	0	7,45
	Commutateur ( > 10 pattes)						0	0	0	0	0	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	0	7,45
Connecteur circuit imprimé et supports CI	soudés (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts					0	0	0	0	0	0,066	0,8	0	1	0,020	1,9	0,025	1,5	0,22	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts					0	0	0	0	0	0,21	0,8	0	1	0,064	1,9	0,080	1,5	0,69	4,4
		de plus de 200 contacts					0	0	0	0	0	0,47	0,8	0	1	0,14	1,9	0,18	1,5	1,5	4,4
	wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts					0	0	0	0	0	0,016	0,8	0	1	0,0051	1,9	0,0063	1,5	0,055	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts					0	0	0	0	0	0,052	0,8	0	1	0,016	1,9	0,020	1,5	0,17	4,4
		de plus de 200 contacts					0	0	0	0	0	0,12	0,8	0	1	0,036	1,9	0,045	1,5	0,39	4,4
Autre connecteur	soudés (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts					0	0	0	0	0	0,039	0,8	0	1	0,012	1,9	0,015	1,5	0,13	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts					0	0	0	0	0	0,12	0,8	0	1	0,038	1,9	0,048	1,5	0,42	4,4
		de plus de 200 contacts					0	0	0	0	0	0,28	0,8	0	1	0,086	1,9	0,11	1,5	0,93	4,4
	wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts					0	0	0	0	0	0,010	0,8	0	1	0,0030	1,9	0,0038	1,5	0,033	4,4
		de 20 jusqu'à 200 contacts					0	0	0	0	0	0,031	0,8	0	1	0,010	1,9	0,012	1,5	0,10	4,4
		de plus de 200 contacts					0	0	0	0	0	0,070	0,8	0	1	0,021	1,9	0,027	1,5	0,23	4,4
Circuit imprimé, PTH		jusqu'à 2000 reports					0	0	0	0	0	0,090	0,8	0	1	0,30	1,9	0,10	1,5	0,022	6,5
		> 2000 reports					0	0	0	0	0	0,36	0,8	0	1	1,2	1,9	0,40	1,5	0,087	6,5
Circuit imprimé, CMS		jusqu'à 2000 reports					0	0	0	0	0	1,2	0,8	0	1	4,1	1,9	1,4	1,5	0,30	6,5
		> 2000 reports					0	0	0	0	0	4,9	0,8	0	1	16	1,9	5,5	1,5	1,2	6,5
Disque dur		EIDE					0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	230	1,5	0	5,0
		SCSI					0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	110	1,5	0	5,0
Ecran LCD (Classe III)		STN	jusqu'à 14"					0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3520	1,5	0	1,8
			de 14" à 20"					0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5697	1,5	0	1,8
		TFT	jusqu'à 14"					0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1346	1,5	0	2,4
			au delà de 20"					0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2156	1,5	0	2,4

		Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par type d'article														Induit
		Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité
		$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$	
Moniteur CRT	jusqu'à 20"	0	0	0	0	0	64	0,8	0	1	526	1,9	263	1,5	0	3,2
	au delà de 20"	0	0	0	0	0	269	0,8	0	1	796	1,9	401	1,5	0	3,2
Alimentation à découpage	jusqu'à 500W	0	0	0	0	0	7,1	0,6	0	1	112	2,5	23	1,5	0	5,9
	au delà de 500W	0	0	0	0	0	8,2	0,6	0	1	207	2,5	26	1,5	0	5,9
Convertisseur DC/DC	jusqu'à 50W	0	0	0	0	0	2,0	0,6	0	1	27	2,5	6,4	1,5	0	5,9
	au delà de 50W	0	0	0	0	0	3,7	0,6	0	1	68	2,5	12	1,5	0	5,9

SMD : Surface Mounted Device - CMS : Composant monté en surface

TH : Through Hole - Trou traversant

ECU = Electrique, Chimique, Usure



### Comptage par familles d'articles : Paramètres

#### Paramètres associés aux phases de fonctionnement (ON) du comptage par familles

			Phases ON : Paramètres moyens par défaut par familles d'article													Induit	
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$	
Circuit intégré Numérique et Mémoire	≤ 84 p	Hermétique	0,038	0,7	20	7	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0,038	0,7	20	7	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
	> 84 p	Hermétique	0,038	0,7	20	14	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0,038	0,7	20	14	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
Autre circuit intégré	≤ 84 p	Hermétique	0,11	0,7	20	14	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0,11	0,7	20	14	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
	> 84 p	Hermétique	0,11	0,7	20	28	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0,11	0,7	20	28	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
Diode	Non Hermetique	faible puissance	0,0075	0,7	20	10	0	0	0	0,00095	4	0,0047	1,9	0,000095	1,5	0	5,2
		puissance	0,15	0,7	20	43	0	0	0	0,0036	4	0,018	1,9	0,00036	1,5	0	5,2
	Hermetique	0,079	0,7	20	27	0	0	0	0,0090	4	0,045	1,9	0,00090	1,5	0	5,2	
Transistor	Non Hermetique	faible puissance	0,014	0,7	20	10	0	0	0	0,00095	4	0,0047	1,9	0,000095	1,5	0	5,2
		puissance	0,034	0,7	20	43	0	0	0	0,0036	4	0,018	1,9	0,00036	1,5	0	5,2
	Hermetique	0,024	0,7	20	27	0	0	0	0,0090	4	0,045	1,9	0,00090	1,5	0	5,2	
Photodiode	Non Hermetique	faible puissance	0,05	0,7	20	7	0	0	0	0,00095	4	0,0147	1,9	0,0051	1,5	0	5,2
		puissance	0,05	0,7	20	29	0	0	0	0,0036	4	0,028	1,9	0,0054	1,5	0	5,2
	Hermetique	0,05	0,7	20	18	0	0	0	0,0090	4	0,055	1,9	0,0059	1,5	0	5,2	
Phototransistor	Non Hermetique	faible puissance	0,11	0,7	20	7	0	0	0	0,00095	4	0,0257	1,9	0,011	1,5	0	5,2
		puissance	0,11	0,7	20	29	0	0	0	0,0036	4	0,039	1,9	0,011	1,5	0	5,2
	Hermetique	0,11	0,7	20	18	0	0	0	0,0090	4	0,066	1,9	0,012	1,5	0	5,2	
Potentiomètre			0,13	0,15	20	33	0	0	0	1	0,11	1,9	0,066	1,5	0	2,5	
Résistance			0,012	0,15	20	39	0	0	0	1	0,22	1,9	0,0059	1,5	0	3,6	
Réseau résistif, Chip résistif			0,00021	0,15	20	7	0	0	0	1	0,02	1,9	0,00021	1,5	0	4,5	
Condensateur céramique			0,083	0,1	20	0	0	0	0	1	0,0472609	1,9	0,0044	1,5	0	6,1	
Condensateur aluminium			0,26	0,4	20	0	0	0	0	1	0,0427	1,9	0,0031	1,5	0	6,4	

		Phases ON : Paramètres moyens par défaut par familles d'article														Induit		
		Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité		
		λTh	Ea_Th	To	ΔT	α	λRh	Ea_Rh	λTcy_B	m_B	λTcy_JB	m_JB	λM	n	λECU			
Condensateur tantale		0,43	0,15	20	0	0	0	0	0	1	0,0382333	1,9	0,032	1,5	0	7,0		
Inductance		0,013	0,15	20	17	0	0	0	1	0,024	1,9	0,0043	1,5	0	5,5			
Transformateur		0,019	0,15	20	20	0	0	0	1	0,13	1,9	0,036	1,5	0	6,9			
Résonateur à quartz		0,179	0	20	0	0	0	0	1	0,42	1,9	0,170	1,5	0	4,6			
Oscillateur à quartz		1,7	0	20	0	0	0	0	1	0,8	1,9	0,17	1,5	0	8,1			
Relais	Charge résistive	< 3 actuations/h		4,4	0,25	40	57	0,024	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	1,3	1,5	0,20	7,55
		≥ 3 actuations/h		44	0,25	40	57	0,024	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	13	1,5	2,0	7,55
	Charge non résistive	< 3 actuations/h		4,4	0,25	40	57	0,024	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	1,3	1,5	4,1	7,55
		≥ 3 actuations/h		44	0,25	40	57	0,024	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	13	1,5	41	7,55
Bouton poussoir, Interrupteur, Inverseur ( < 4 pattes )		0,45	0,25	40	52	0,024	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0,31	7,45		
DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes)		0,88	0,25	40	52	0,024	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	0,61	7,45		
Commutateur ( > 10 pattes)		1,9	0,25	40	52	0,024	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	1,3	7,45		
Connecteur soudé (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts		0,23	0,1	20	5	0	0,053	0,8	0	1	0,016	1,9	0,020	1,5	0,18	4,4	
	de 20 jusqu'à 200 contacts		0,74	0,1	20	5	0	0,17	0,8	0	1	0,051	1,9	0,064	1,5	0,55	4,4	
	de plus de 200 contacts		1,7	0,1	20	5	0	0,37	0,8	0	1	0,11	1,9	0,14	1,5	1,2	4,4	
Connecteur wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts		0,059	0,1	20	5	0	0,013	0,8	0	1	0,004	1,9	0,0051	1,5	0,044	4,4	
	de 20 jusqu'à 200 contacts		0,19	0,1	20	5	0	0,042	0,8	0	1	0,013	1,9	0,016	1,5	0,14	4,4	
	de plus de 200 contacts		0,42	0,1	20	5	0	0,093	0,8	0	1	0,029	1,9	0,036	1,5	0,31	4,4	
Circuit imprimé, PTH	jusqu'à 2000 reports		0	0	40	0	0	0,090	0,8	0	1	0,3	1,9	0,10	1,5	0,022	6,5	
	> 2000 reports		0	0	40	0	0	0,36	0,8	0	1	1,2	1,9	0,40	1,5	0,087	6,5	
Circuit imprimé, CMS	jusqu'à 2000 reports		0	0	40	0	0	1,2	0,8	0	1	4,1	1,9	1,4	1,5	0,30	6,5	
	> 2000 reports		0	0	40	0	0	4,9	0,8	0	1	16	1,9	5,5	1,5	1,2	6,5	
Disque dur		5,5	0,785	20	0	0	0	0	0	1	0	1	170	1,5	510	5,0		
Ecran LCD (Classe III)	STN		581	0,5	20	0	0	0	0	1	0	1	4610	1,5	1167	1,8		
	TFT		195	0,5	20	0	0	0	0	1	0	1	1750	1,5	1167	1,8		
Moniteur CRT		65	0,35	20	0	0	170	0,8	0	1	663	1,9	332	1,5	2858	3,2		
Alimentation à découpage		110	0,44	20	0	0	0	0	0	1	160	2,5	25	1,5	0	5,9		
Convertisseur DC/DC		33	0,44	20	0	0	0	0	0	1	48	2,5	9	1,5	0	5,9		

**Paramètres associés aux phases de non fonctionnement (OFF) du comptage par familles**

			Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par familles d'article													Induit	
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		EI.Ch.Us	Csensibilité
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$	
Circuit intégré Numérique et Mémoire	≤ 84 p	Hermétique	0	0	0	0	0	0	0	0,004	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
	> 84 p	Hermétique	0	0	0	0	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
Autre circuit intégré	≤ 84 p	Hermétique	0	0	0	0	0	0	0	0,0044	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0	0	0	0	0	0,031	0,9	0,004	4	0,041	1,9	0,0012	1,5	0	6,3
	> 84 p	Hermétique	0	0	0	0	0	0	0	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
		Non Hermétique	0	0	0	0	0	0,17	0,9	0,016	4	0,3	1,9	0,011	1,5	0	6,3
Diode	Non Hermetique	faible puissance	0	0	0	0	0	0,021	0,9	0,00095	4	0,0047	1,9	0,000095	1,5	0	5,2
		puissance	0	0	0	0	0	0,046	0,9	0,0036	4	0,018	1,9	0,00036	1,5	0	5,2
	Hermetique	0	0	0	0	0	0	0	0,009	4	0,045	1,9	0,0009	1,5	0	5,2	
Transistor	Non Hermetique	faible puissance	0	0	0	0	0	0,021	0,9	0,0010	4	0,0047	1,9	0,00010	1,5	0	5,2
		puissance	0	0	0	0	0	0,046	0,9	0,0036	4	0,018	1,9	0,00036	1,5	0	5,2
	Hermetique	0	0	0	0	0	0	0	0,009	4	0,045	1,9	0,0009	1,5	0	5,2	
Photodiode	Non Hermetique	faible puissance	0	0	0	0	0	0,021	0,9	0,00095	4	0,0147	1,9	0,0051	1,5	0	5,2
		puissance	0	0	0	0	0	0,046	0,9	0,0036	4	0,028	1,9	0,0054	1,5	0	5,2
	Hermetique	0	0	0	0	0	0	0	0,009	4	0,055	1,9	0,0059	1,5	0	5,2	
Phototransistor	Non Hermetique	faible puissance	0	0	0	0	0	0,021	0,9	0,0010	4	0,0257	1,9	0,011	1,5	0	5,2
		puissance	0	0	0	0	0	0,046	0,9	0,0036	4	0,039	1,9	0,011	1,5	0	5,2
	Hermetique	0	0	0	0	0	0	0	0,009	4	0,066	1,9	0,012	1,5	0	5,2	
Potentiomètre			0	0	0	0	0	0,003	0,9	0	1	0,11	1,9	0,066	1,5	0	2,5
Résistance			0	0	0	0	0	0,028	0,9	0	1	0,22	1,9	0,0059	1,5	0	3,6
Réseau résistif, Chip résistif			0	0	0	0	0	0,00021	0,9	0	1	0,02	1,9	0,0002	1,5	0	4,5
Consensateur céramique			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0472609	1,9	0,0044	1,5	0	6,1
Condensateur aluminium			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0427	1,9	0,0031	1,5	0	6,4
Condensateur tantale			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0382333	1,9	0,032	1,5	0	7
Inductance			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,024	1,9	0,0043	1,5	0	5,5
Transformateur			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13	1,9	0,036	1,5	0	6,9

			Phases OFF : Paramètres moyens par défaut par familles d'article													Induit	
			Thermique					Humidité		Cyclage Thermique				Mécanique		El.Ch.Us	Csensibilité
			$\lambda_{Th}$	Ea_Th	To	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	Ea_Rh	$\lambda_{Tcy\_B}$	m_B	$\lambda_{Tcy\_JB}$	m_JB	$\lambda_M$	n	$\lambda_{ECU}$	
Résonateur à quartz			0	0	0	0	0	0,085	0,9	0	1	0,42	1,9	0,170	1,5	0	4,6
Oscillateur à quartz			0	0	0	0	0	0,17	0,9	0	1	0,8	1,9	0,17	1,5	0	8,1
Relais	Charge résistive	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	1,3	1,5	0	7,55
		≥ 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	13	1,5	0	7,55
	Charge non résistive	< 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	1,3	1,5	0	7,55
		≥ 3 actuations/h	0	0	0	0	0	0,22	0,9	0	1	0,17	1,9	13	1,5	0	7,55
Bouton poussoir, Interrupteur, Inverseur ( < 4 pattes )			0	0	0	0	0	0,070	0,9	0	1	0,041	1,9	0,32	1,5	0	7,45
DIP, Roue codeuse ( de 4 à 10 pattes )			0	0	0	0	0	0,14	0,9	0	1	0,081	1,9	0,63	1,5	0	7,45
Commutateur ( > 10 pattes )			0	0	0	0	0	0,30	0,9	0	1	0,18	1,9	1,4	1,5	0	7,45
Connecteur soudé (PTH ou CMS)	jusqu'à 20 contacts		0	0	0	0	0	0,053	0,8	0	1	0,016	1,9	0,020	1,5	0,18	4,4
	de 20 jusqu'à 200 contacts		0	0	0	0	0	0,17	0,8	0	1	0,051	1,9	0,064	1,5	0,55	4,4
	de plus de 200 contacts		0	0	0	0	0	0,37	0,8	0	1	0,11	1,9	0,14	1,5	1,2	4,4
Connecteur wrapping ou insertion	jusqu'à 20 contacts		0	0	0	0	0	0,013	0,8	0	1	0,004	1,9	0,0051	1,5	0,044	4,4
	de 20 jusqu'à 200 contacts		0	0	0	0	0	0,042	0,8	0	1	0,013	1,9	0,016	1,5	0,14	4,4
	de plus de 200 contacts		0	0	0	0	0	0,093	0,8	0	1	0,029	1,9	0,036	1,5	0,31	4,4
Circuit imprimé, PTH	jusqu'à 2000 reports		0	0	0	0	0	0,090	0,8	0	1	0,3	1,9	0,10	1,5	0,022	6,5
	> 2000 reports		0	0	0	0	0	0,36	0,8	0	1	1,2	1,9	0,40	1,5	0,087	6,5
Circuit imprimé, CMS	jusqu'à 2000 reports		0	0	0	0	0	1,2	0,8	0	1	4,1	1,9	1,4	1,5	0,30	6,5
	> 2000 reports		0	0	0	0	0	4,9	0,8	0	1	16	1,9	5,5	1,5	1,2	6,5
Disque dur			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	174	1,5	0	5,0
Ecran LCD (Classe III)	STN		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4610	1,5	0	1,8
	TFT		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1750	1,5	0	2,4
Moniteur CRT			0	0	0	0	0	167	0,8	0	1	663	1,9	332	1,5	0	3,15
Alimentation à découpage			0	0	0	0	0	7,6	0,6	0	1	160	2,5	25	1,5	0	5,9
Convertisseur DC/DC			0	0	0	0	0	2,9	0,6	0	1	48	2,5	9	1,5	0	5,9

SMD : Surface Mounted Device - CMS : Composant monté en surface  
 TH : Through Hole - Trou traversant  
 ECU = Electrique, Chimique, Usure

## **Prise en compte du passage au sans plomb**

### Avertissement :

A la date de publication de ce guide, compte tenu de l'état de l'art de la physique des défaillances et de la faible durée d'emploi industriel des assemblages sans-plomb, des modèles de fiabilité rigoureux, appuyés sur la physique des défaillances, ne peuvent pas être établis. Cependant ce guide propose dans ce chapitre une démarche pour le cas des produits électroniques avec assemblages sans-plomb. L'utilisation de ces résultats doit donc se faire avec précaution.

## Conséquences sur la fiabilité

Le passage aux technologies d'assemblage sans plomb peut avoir une influence sur la fiabilité des systèmes du fait de la modification des procédés de fabrication et des matériaux d'une part, et du fait d'une évolution des accélérations de certains mécanismes de défaillance d'autre part.

### Evolution de la physique des défaillances pour les assemblages sans-plomb

Les mécanismes de fatigue des brasures entre les assemblages sans-plomb et les assemblages étain-plomb suivent des lois d'accélération a priori différentes. Les modèles actuels du Guide FIDES sont basés sur la physique des défaillances des assemblages étain-plomb. Les lois utilisées pour le calcul des facteurs d'accélération relatifs aux environnements thermomécaniques et mécaniques des assemblages sans-plomb devraient donc être modifiés en conséquence.

Par ailleurs il est possible que la sensibilité aux différents environnements soit modifiée sur certaines familles de composants, du fait de l'évolution probable du niveau de contrainte résiduelle dans les assemblages sans-plomb, induite par l'augmentation de la température de solidification, par la diminution de la relaxation des contraintes à température ambiante et par l'augmentation de la rigidité des brasures. Les taux de défaillance de base et les répartitions entre contributeurs physiques de composants assemblés sans-plomb pourraient donc également être modifiés par rapport aux composants assemblés étain-plomb.

Toutes ces adaptations ne seront possibles que lorsque des modélisations validées par la communauté scientifique et industrielle seront disponibles. Ce n'est pas le cas à la date de publication de ce guide. L'applicabilité des modèles de ce guide au cas des assemblages sans-plomb n'a pas été démontrée de façon formelle, et en toute rigueur, les modèles seront à modifier à terme.

Malgré ces restrictions, ce guide propose d'appliquer de la même manière tous les modèles proposés que l'assemblage soit sans-plomb ou avec plomb.

### **Evolution du risque lié aux changements de process en fabrication composants**

L'évolution éventuelle du risque de panne liée aux modifications au niveau des composants (y compris les PCB) doit être prise en compte au niveau du facteur fabrication article  $\Pi_{PM}$  ou des  $\lambda_0$ . Dans certains cas, comme pour les composants à encapsulation plastique fournis par les grands fabricants de composants, le passage au sans-plomb n'a pas induit de modification significative du risque de panne. La raison la plus probable est que la modification des résines (enrobage et colle) faite pour améliorer l'aptitude au report (élévation des profils de refusion), va dans le sens d'une meilleure fiabilité du boîtier (sensibilité moindre à l'humidité, et probablement meilleure adhérence des résines).

Dans d'autres cas, de fabrication de composants en petite série, les modifications de procédés ou de matériaux font l'objet, au mieux, de validation technologique par des essais sur un nombre limité de pièces qui ne permettront pas de mettre en évidence une éventuelle dispersion des procédés.

En conséquence, le risque d'augmentation du taux de panne, plutôt lié aux modifications des procédés, n'est pas considéré plus important que pour n'importe quel autre changement, et que les critères pris en compte dans l'évaluation du  $\Pi_{PM}$  sont suffisants pour le caractériser.

### Evolution du risque lié aux changements de processus en fabrication carte

L'évolution éventuelle du risque de panne lié aux modifications au niveau de la conception et de la fabrication des cartes pour le passage au sans-plomb est estimée pouvoir avoir une influence significative sur la fiabilité des systèmes.

La modification des procédés de fabrication risque d'entraîner une augmentation ponctuelle des pannes liées à la non maîtrise des nouveaux process. La modification des matériaux et des procédés, liée à l'augmentation de la température de refusion des brasures (élévation d'environ 35°C de la température de fusion de l'alliage de brasure), fait l'objet d'un certain nombre de validations dont l'étendue est plus ou moins large. Mais il est fort probable que malgré ces validations, des anomalies surviennent, du fait, par exemple, d'incompatibilité non anticipées entre les procédés et les matériaux, de la méconnaissance des nouveaux matériels et procédés par les opérateurs, de la co-existence de 2 process (backward et full lead free)...

La prise en compte de l'augmentation ponctuelle du risque de panne lié aux changements de process se fait par l'introduction d'un facteur  $\Pi_{LF}$  (LF pour Lead Free, sans-plomb) prenant en compte l'expérience en conception et en fabrication d'ensemble électronique sans-plomb.

Ce facteur traduit l'augmentation du taux de défaillance du système liée au process sans-plomb. Il a une évolution temporelle comme suit :

- Le facteur est égal à 1 tant que la fabrication série est réalisée avec le process « maîtrisé » étain-plomb.
- Le facteur devient supérieur à 1 au moment de la transition puis diminue avec le temps et l'expérience.
- Il redevient égal à 1 lorsque le process sans-plomb est devenu mature.

Le modèle d'estimation du facteur  $\Pi_{LF}$  est proposé plus loin.



## Facteur process sans plomb

### Forme générale du modèle

Dans le cas d'un processus classique étain-plomb le taux de défaillance est calculé comme suit :

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

Dans le cas d'un processus sans plomb le taux de défaillance est calculé comme suit :

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

Où  $\Pi_{\text{LF}}$  est le facteur de transition au process sans plomb.

$$\Pi_{\text{LF}} = 1 + \left( 1 + 12 \times \text{LF\_grade} + C_Q \times Y \right)^{\frac{-1}{(3,1 - 2 \times \text{LF\_grade})}}$$

Où :

- Y (Year) est le nombre d'année complète de production effective avec un processus sans plomb. Le facteur Y ne doit prendre que des valeurs entières (donc la première année Y = 0).
- LF\_grade est un facteur processus qui mesure l'effort fait pour prévenir les défauts liés à la transition vers des processus sans plomb. LF\_grade varie de 0 (aucune précaution) à 1 (maximum de précaution).
- $C_Q$  est un facteur dépendant de la quantité de production en process sans plomb.

Le facteur  $\Pi_{\text{LF}}$  varie de 1 (cas d'un process mature) à 2 (cas d'un process qui n'a fait l'objet d'aucune précaution). Lorsque le facteur  $\Pi_{\text{LF}}$  devient inférieur à 1,1 il n'est plus nécessaire de le prendre en compte.

**Détermination du facteur LF\_grade**

Le facteur LF\_grade est déterminé au moyen d'un questionnaire sur les processus sans plomb.

$$LF\_grade = \frac{\sum \text{Poids des critères remplis}}{\sum \text{Poids des critères applicables}}$$

N°	Catégorie	Critère	Poids (si critère rempli)
1	Développement	Le statut LF est identifié dans la base de données de composants.	8
2	Développement	La compatibilité du composant avec le process d'assemblage SnPb ou avec le process sans plomb est identifiée dans la base de données de composants.	8
3	Développement	La compatibilité entre les finitions de composants et les process sans plomb ou SnPb est défini dans des documents de conception spécifiques. (ce critère est exclusif du précédent)	4
4	Développement	Le statut sans plomb est clairement identifié et pris en compte dans le processus de conception.	8
5	Approvisionnement, logistique, stockage	Traçabilité : un étiquetage adapté permet l'identification des composants sans plomb ou ROHS sur l'ensemble de la chaîne logistique.	10
6	Approvisionnement, logistique, stockage	Les composants plomb ou sans-plomb sont clairement identifiés dans la base de données production.	3
7	Approvisionnement, logistique, stockage	Le besoin de composants plomb ou sans plomb est clairement indiqué dans la commande avec demande de marquage particulier à la livraison.	5
8	Approvisionnement, logistique, stockage	Les composants plomb ou sans plomb sont clairement identifiés à la réception.	5
9	Approvisionnement, logistique, stockage	Au stockage, il y a une séparation physique entre des composants utilisés pour le process sans plomb et les composants utilisés pour le process plomb.	5
10	Approvisionnement, logistique, stockage	La compatibilité avec le process sans plomb est prise en compte dans la définition des conditions de stockage des composants (brasabilité).	4
11	Procédé d'assemblage	Le statut assemblage sans plomb est clairement identifié dans le dossier de production.	3
12	Procédé d'assemblage	Le process série sans plomb est formellement qualifié (vérification de l'intégrité des composants et PCB après report et analyse métallurgique)	20
13	Procédé d'assemblage	Le process de réparation sans plomb est formellement qualifié (vérification de l'intégrité des composants et PCB après réparation et analyse métallurgique)	20
14	Procédé d'assemblage	Une ligne est dédiée à chaque process série : plomb et sans-plomb	8
15	Procédé d'assemblage	Une ligne est dédiée à chaque process de réparation : plomb et sans-plomb	8
16	Procédé d'assemblage	La technologie sans plomb ou plomb est marqué sans ambiguïté sur la carte	8

N°	Catégorie	Critère	Poids (si critère rempli)
17	Procédé d'assemblage	Les opérateurs ont reçu une formation adaptée sur l'aspect sans plomb (nouveaux processus, compatibilité, aspect joints de soudures, câblage, inspection, réparation...).	16
18	Fiabilité	L'équipementier a réalisé des études internes ou externes concernant la modélisation de la fiabilité ou la durée de vie des assemblages sans plomb.	8
19	Fiabilité	L'équipementier a réalisé des études internes ou externes concernant les conditions d'essais de qualification des cartes ou équipement sans plomb.	8
20	Fiabilité	L'équipementier a réalisé des études internes ou externes concernant le déverminage des cartes ou équipement sans plomb.	6
21	Fiabilité	La norme JEDEC JESD201 ou des précautions équivalentes sont prises en compte pour couvrir le risque de tin whisker (croissance d'étain)	5

Note :

- Dans le cas général la somme des critères applicables est de 166.
- Le critère 3 est inclus dans le critère 2, un seul de ces deux critères doit être comptabilisé comme rempli à la fois (pour cette raison le poids du critère 3 n'est pas comptabilisé dans le total applicable).
- Le fait qu'un même composant change de référence lorsqu'il est modifié pour devenir sans plomb est une identification suffisante (critères 7 et 8).
- Lorsqu'il n'y a pas cohabitation des processus sans-plomb et étain plomb, c'est-à-dire qu'il ne reste pas de ligne de fabrication étain-plomb et que tous les composants approvisionnés sont bien sans plomb, les critères 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, et 16 peuvent être considéré comme rempli.
- Pour les produits non réparables, les critères 13 et 15 sont non applicables. La somme des critères applicables devient alors 138.

**Détermination du facteur  $C_Q$**

Nombre cumulé de composants reportés par semaine en processus sans-plomb	Type de série	$C_Q$
Quantité hebdomadaire < 100000	Petite série	4
100000 ≤ Quantité hebdomadaire < 500000	Moyenne série	12
500000 ≤ Quantité hebdomadaire < 2000000	Grande série	36
Quantité hebdomadaire ≥ 2000000	Très grande série	108

## **IV**

# **Guide de maîtrise et d'audit du processus fiabilité**

## 1. Cycle de vie

Le tableau ci-dessous détaille le cycle de vie complet suivi par un produit et à travers lequel se fait sa fiabilité. La méthodologie FIDES couvre l'évaluation et la maîtrise de la fiabilité tout au long de ce cycle de vie.

Phases		Activités principales	
1	SPECIFICATION	1.1	Expression du besoin par le donneur d'ordres
		1.2	Formalisation des exigences système
		1.3	Définition de l'architecture
		1.4	Allocation des exigences système
		1.5	Formalisation des exigences sous-système, équipement...
2	CONCEPTION	2.1	Faisabilité / Etudes préliminaires
		2.2	Conception détaillée
		2.3	Essais et mise au point
		2.4	Qualification
		2.5	Préparation à la production / Industrialisation
		2.6	Préparation du Soutien Logistique
3	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE	3.1	Réception / Contrôle d'entrée
		3.2	Stockage
		3.3	Assemblage carte ou sous-ensembles
		3.4	Tests (carte ou sous-ensembles )
		3.5	Intégration équipement
		3.6	Déverminage (carte ou sous-ensemble)
		3.7	Acceptation
		3.8	Livraison carte ou sous-ensemble
4	INTEGRATION EQUIPEMENT	4.1	Réception / Contrôle d'entrée
		4.2	Stockage
		4.3	Assemblage équipement
		4.4	Tests équipement
		4.5	Déverminage (Equipelement)
		4.6	Acceptation équipement
		4.7	Livraison équipement
5	INTEGRATION SYSTEME	5.1	Réception / Contrôle d'entrée
		5.2	Stockage
		5.3	Assemblage système
		5.4	Tests système
		5.5	Déverminage (Système)
		5.6	Acceptation système
		5.7	Livraison système
6	EXPLOITATION & MAINTENANCE	6.1	Transfert vers l'utilisateur
		6.2	Utilisation Opérationnelle
		6.3	Maintien en Conditions Opérationnelles
7	ACTIVITES SUPPORT	7.1	Management des sous-contractants
		7.2	Management de la fiabilité, des approvisionnements, des incidents
		7.3	Management du système qualité, des ressources

### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 2. Le facteur processus

Le facteur processus est désigné par  $\Pi_{\text{process}}$  dans la partie évaluation du guide.

La quantification se fait par réponse à des questionnaires sur le processus de développement, de fabrication et d'exploitation du produit. La démarche de réponse à ces questionnaires est formalisée dans le guide d'audit.

## 3. Recommandations métier - Maîtrise de la fiabilité

Dans chaque phase ou activité du cycle de vie, un ensemble de recommandations relatives à la fiabilité est présenté.

Les recommandations sont soit globales et pouvant toucher l'ensemble des phases (elles sont alors associées à la phase "Activités support"), soit précises et reconnues comme impactant la fiabilité durant des activités spécifiques dans une ou plusieurs phases du cycle de vie.

La prise en considération de ces recommandations permet la mise en place d'actions de maîtrise de la fiabilité (Ingénierie Fiabilité) et une évaluation du niveau d'assurance fiabilité pour chaque phase du processus. La démarche de maîtrise de la fiabilité consiste, à partir d'un premier résultat d'évaluation, à agir sur les activités qui ont un impact sur le résultat.

Les recommandations du guide du Processus Fiabilité sont des recommandations qui portent principalement sur les procédures et l'organisation tout au long du cycle de vie. Le guide du Processus Fiabilité n'a pas vocation à donner des recommandations technologiques sur la mise en œuvre des composants, cartes ou sous-ensemble dans un équipement électronique.

## 4. Calcul du facteur processus $\Pi_{Process}$

Le  $\Pi_{process}$  est basé sur une note (**Process\_Grade**) traduisant la qualité du processus, qui est établie à la suite d'un audit sur les différentes phases du cycle de vie.

### 4.1. Influence relative des phases du cycle de vie

Les 7 phases du cycle de vie sont les suivantes :

- Spécification.
- Conception.
- Fabrication carte ou sous-ensemble.
- Intégration équipement.
- Intégration système.
- Exploitation et maintenance.
- Activités Support.

Chacune de ces phases a un impact spécifique sur la fiabilité. Pour la quantification, chaque phase est affectée d'un facteur d'échelle afin d'établir le poids relatif de chaque phase. Dans le cas où elle serait déjà connue, la répartition propre à l'industriel audité peut être prise en compte.

La répartition par défaut est la suivante :

PHASE	Contribution phase %
Spécification	8
Conception	16
Fabrication carte ou sous-ensemble	20
Intégration équipement	10
Intégration système	10
Exploitation et maintenance	18
Activités Support	18
Total :	100

## 4.2. Niveau de satisfaction aux recommandations

L'audit est réalisé par phase, et évalue par des questions (relatives à ces recommandations), la façon dont sont menées ces activités.

Les réponses et les preuves apportées par la personne audité, permettent de fixer une **Note\_satisfaction** à la recommandation (niveau N1 à N4) :

- N1 = la recommandation n'est pas appliquée → risques certains vis-à-vis de la fiabilité,
- N2 = la recommandation n'est que partiellement appliquée → risques potentiels vis-à-vis de la fiabilité,
- N3 = la recommandation est pratiquement appliquée → peu de risques vis-à-vis de la fiabilité,
- N4 = la recommandation est pleinement appliquée → pas de risque notable vis-à-vis de la fiabilité.

La note relative à chaque niveau s'établit comme suit :

Niveau	Note
N1	0
N2	1
N3	2
N4	3

Chacune des recommandations est pondérée par un **Poids\_Recom** spécifique ; par exemple :

- 1 → la recommandation associée à la question a peu d'impact sur la fiabilité,
- 10 ou plus → la recommandation associée à la question a un fort impact sur la fiabilité.

Les tables de mise en œuvre jointes donnent pour chacune des phases la liste des recommandations (avec la question d'audit associée) avec leur **Poids\_Recom** spécifiques. Pour chaque recommandation est également fournie une fiche avec description précise de la recommandation et des critères de satisfaction pour chacun des quatre niveaux de satisfaction.



### 4.3. Etalonnage

L'objectif de cette étape est de neutraliser les questions relatives à des activités qui n'ont pas lieu d'être pour le produit/processus considéré (ces questions sont dites "non applicables").

La première étape du calcul consiste donc à établir la **Note\_Audit\_Max<sub>j</sub>** de chaque phase j.

La **Note\_Audit\_Max<sub>j</sub>** correspond à un audit "parfait" où le niveau de satisfaction est N4 à toutes les questions retenues.

Ainsi, pour chaque recommandation i :

$$Points\_Pondérés\_Max_i = Poids\_Recom_i \times 3$$

Le calcul de la **Note\_Audit\_Max<sub>j</sub>** se fait ensuite en sommant les **Points\_Pondérés\_Max<sub>i</sub>** sur l'ensemble des recommandations applicables pour le produit/processus considéré (i=1 à n) de la phase j complète :

$$Note\_Audit\_Max_j = \sum_{i=1}^n Points\_Pondérés\_Max_i$$

#### 4.4. Calcul de la note d'audit

Cette étape consiste à effectuer l'audit FIDES proprement dit auprès d'intervenants sur les différentes phases du processus, et à définir le niveau de satisfaction en fonction des preuves apportées. La démarche à appliquer est proposée au chapitre Guide d'Audit.

Il faut procéder par phase en répondant à chaque question  $i$  ; le niveau de satisfaction à la question, noté **0, 1, 2** ou **3**, multiplié par le poids de la recommandation, donne les **Points\_Pondérés<sub>i</sub>** acquis pour la question :

$$\text{Points\_Pondérés}_i = \text{Poids\_Recom}_i \times \text{Note\_Satisfaction } (0, 1, 2, 3)_{ij}$$

La **note\_d'audit** de la phase  $j$  correspond à la somme de l'ensemble des **Points\_Pondérés** des recommandations  $i$  retenues sur la phase en question :

$$\text{Note\_Audit}_j = \sum_{i=1}^n \text{Points\_Pondérés}_i$$

#### 4.5. Calcul du facteur processus

La formule du facteur processus est la suivante :

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

Le facteur  $\delta_2$  permet de fixer la plage de variation du facteur processus. Il a été fixé à la valeur **2,079**, ce qui conduit à une dynamique de 1 à 8 du facteur processus.

Le **Process\_grade** se calcule à partir des **Notes\_Audit** par phase calculées précédemment pondérées par la **Contribution\_Phase** de chaque phase tel que :

$$\text{Process\_Grade} = \sum_{j=1}^7 \left( \text{Contribution\_Phase}_j \times \frac{\text{Note\_Audit}_j}{\text{Note\_Audit\_Max}_j} \right)$$

Le **Process\_grade** prend une valeur comprise entre 0 et 1 :

- **0** représentant un processus qui répond défavorablement à toutes les questions d'audit ;  
 $\rightarrow \Pi_{\text{Process}} = 8$
- **1** signifiant un processus "parfait" répondant favorablement à toutes les questions d'audit ;  
 $\rightarrow \Pi_{\text{Process}} = 1$

Nota : il est possible d'évaluer un  $\text{Process\_Grade}_j$  propre à chaque phase  $j$  afin de situer le niveau de celle-ci :

$$\text{Process\_Grade}_j = \frac{\text{Note\_Audit}_j}{\text{Note\_Audit\_Max}_j}$$

## **5. Guide d'audit**

Le guide permet d'effectuer un audit sur une entreprise. La démarche d'audit est donc générique de façon à présenter une certaine indépendance par rapport à l'entreprise.

La méthodologie FIDES, identifie une liste de recommandations dont le suivi est de nature à favoriser la construction de la fiabilité d'un produit. Cet ensemble de recommandations a été décliné en un ensemble de questions.

Les réponses d'une entreprise à ces questions donnent :

- une mesure de son aptitude à construire des produits fiables,
- une quantification des facteurs de processus utilisés dans les modèles de calcul,
- la possibilité d'identifier des actions d'amélioration.

### **5.1. Procédure d'audit**

Pour conduire un audit, l'auditeur doit :

- Identifier le périmètre de l'audit.
- Préparer l'audit.
- Réaliser l'audit.
- Recueillir les preuves.
- Traiter l'information recueillie.
- Tirer les conclusions.
- Rédiger un rapport d'audit.
- Présenter le résultat d'audit.

## 5.2. Identifier le périmètre de l'audit

### 5.2.1. Identifier le produit objet de l'audit

Dans un premier temps il faut identifier quel est exactement le produit pour lequel l'audit sera réalisé.

Les recommandations de l'audit relatives aux différentes phases du cycle de vie doivent être orientées et adaptées en fonction du produit considéré.

### 5.2.2. Sélection des phases applicables

Pour certains produits (des équipements utilisés seul, par exemple un poste de radio), les notions d'intégration équipement et d'intégration système peuvent être confondues. Dans ce cas, on ne retiendra que celle des deux phases qui est la plus représentative et on lui affectera le poids des deux phases.

Par exemple :

PHASE	Contribution phase %
Spécification	8
Conception	16
Fabrication carte ou sous-ensemble	20
Intégration équipement	20 (au lieu de 10)
Intégration système	0 (au lieu de 10)
Exploitation et maintenance	18
Activités Support	18
Total :	100

De façon générale, cette table des contributions sera adaptée pour annuler la contribution d'une phase qui ne serait pas du tout applicable pour un produit donné.

Attention : Dans cette démarche, il ne faut pas considérer qu'une phase n'est "pas applicable" parce qu'elle est sous une autre responsabilité que celle de l'industriel qui initie l'audit. Par exemple, si une entreprise n'a aucun engagement concernant l'exploitation et la maintenance des produits qu'elle vend, cette phase de vie existe quand même très probablement.

### 5.2.3. Prise en compte du découpage industriel

En cas de découpage industriel, le cycle de vie se répartit dans différentes organisations. Un même produit peut par exemple être spécifié par un maître d'œuvre, conçu chez un équipementier, fabriqué chez un sous-traitant avant d'être intégré et exploité par un dernier industriel.

Il convient alors d'évaluer le facteur  $\Pi_{\text{Process}}$  en considérant le processus de chaque industriel concerné pour les phases du cycle de vie sous sa responsabilité.

Lorsqu'il y a découpage industriel, il est fréquent qu'une même phase du cycle de vie FIDES soit partagée entre plusieurs industriels. Par exemple l'activité de spécification peut commencer au niveau du système et continuer au niveau de l'équipement puis du sous-ensemble. De façon générale c'est aussi le cas pour la partie "Activités support"

---

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

du cycle de vie FIDES. Dans ce cas là, il faut évaluer le facteur **Process\_grade** des phases partagées pour chaque industriel concerné et retenir la moins bonne note pour le calcul final du  $\Pi_{Process}$ . Le  $\Pi_{Process}$  retenu sera donc le "pire cas" (moins bonne note). Cela n'est pas une démarche majorante : C'est le point faible qui est prépondérant dans la chaîne il faut donc prendre en compte les plus mauvaises pratiques observées, à l'instar d'un audit qualité.

Si une phase du cycle de vie ne peut être évaluée, il est possible de calculer le facteur  $\Pi_{Process}$  en prenant une valeur de Process\_grade par défaut pour la phase concernée. La valeur de Process\_grade par défaut est de 0,33.

Pour les fabricants de produits COTS (cartes ou équipements) désireux de publier des informations de fiabilité sur leur produit, il est recommandé de préciser le facteur  $\Pi_{Process}$  utilisé dans leur évaluation, bien qu'une part importante du cycle de vie doivent être quantifiée par défaut dans ce cas.

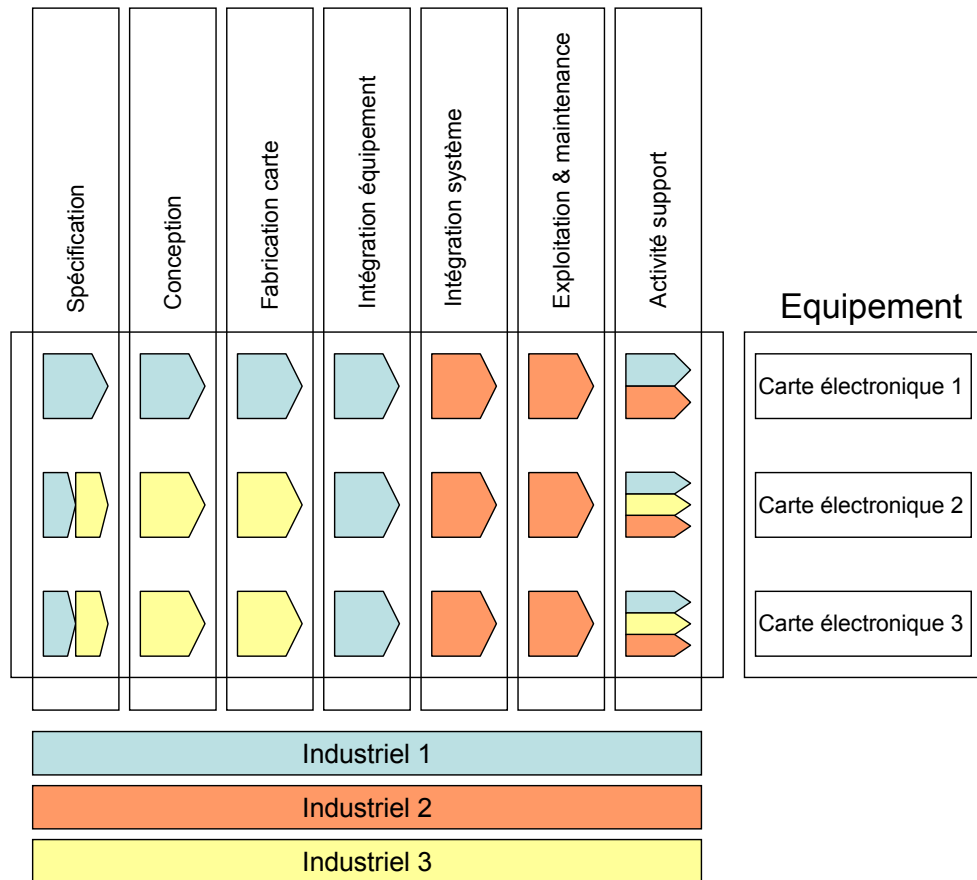
#### **5.2.4. Multiplicité des cycles de vie pour un même produit**

Si le produit est un équipement, il peut être composé de cartes ou sous-ensembles qui n'ont pas tous suivis le même cycle de vie. Le facteur  $\Pi_{Process}$  doit alors être évalué pour chaque carte ou sous-ensemble.

#### **5.2.5. Exemple de découpage industriel**

Dans l'exemple figuré par le schéma qui suit, trois industriels contribuent à définir et produire un équipement composé de trois cartes électroniques et intégré dans un système.

Dans ce découpage, un premier industriel est responsable du développement et de la fabrication de l'équipement, un deuxième de son intégration dans le système et de son exploitation. Le premier industriel sous-traite la conception et la fabrication de deux cartes électroniques à un troisième industriel.



Pour la carte électronique 1 :

Il faut prendre le process\_grade de l'industriel 1 pour les phases du cycle de vie "spécification", "conception", "fabrication carte", "intégration équipement". Il faut prendre le process\_grade de l'industriel 2 pour les phases "intégration système" et "exploitation et maintenance". Il faut prendre le plus mauvais des deux process\_grade entre les industriel 1 et 2 pour la phase "activité support".

Pour les cartes électroniques 2 et 3 :

Il faut prendre le plus mauvais des deux process\_grade des industriels 1 et 3 pour la phase "spécification", qui est considérée répartie entre les deux. Il faut prendre le process\_grade de l'industriel 2 pour les phases du cycle de vie "conception", "fabrication carte". Il faut prendre le process\_grade de l'industriel 1 pour la phase "intégration équipement". Il faut prendre le process\_grade de l'industriel 2 pour les phases "intégration système" et "exploitation et maintenance". Il faut prendre le plus mauvais des trois process\_grade entre les industriels 1, 2 et 3 pour la phase "activité support".

Dans cet exemple, l'évaluation de la fiabilité de l'équipement complet doit donc s'appuyer sur l'audit de trois industriels (aucun n'étant audité sur l'ensemble du cycle de vie FIDES). Le calcul quantitatif doit faire intervenir deux  $\prod_{Process}$  distincts, le premier pour la carte électronique 1, le deuxième pour les cartes électroniques 2 et 3.

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

### 5.3. Préparer l'audit

La préparation de l'audit consiste à :

- Identifier le périmètre de l'audit (complet, partiel, pour un programme applicable à la certification, information recherchée, durée...).
- Identifier les éléments de contexte de l'audit.
- Identifier les bonnes cibles (cibles FIDES précisées dans le tableau ci-après).
- Identifier la nature et le périmètre de l'audit.
- Établir un plan d'audit (planning avec le calendrier des échéances, note de convocations, préparation des documents de recueil de données, préparation des modèles de documents de sortie, implication du commanditaire de l'audit et de l'organisation à auditer, calculer le score maximum possible dans le cadre de l'audit considéré, présenter les règles...).
- Valider son plan d'audit (par le commanditaire -externe ou interne- de l'audit et par le représentant de l'entreprise auditée).
- Initialiser la mise en œuvre du plan d'audit (envoi de la note de convocation).
- Informer dans un délai suffisant la personne auditée du contenu de l'audit, sachant que toute preuve non fournie sera considérée comme absence de preuve.

Obtenir une bonne adhésion à l'audit est un point clé de sa réussite. Pour argumenter l'intérêt d'un audit FIDES, l'auditeur pourra citer les points suivants :

- Importance du niveau de fiabilité des produits.
  - Un générateur de coûts, nouveau paramètre clé de concurrence.
  - Un objectif spécifié à atteindre.
- L'audit est un outil de maîtrise des risques et en particulier concernant :
  - la robustesse de la définition des produits,
  - l'environnement des produits en exploitation,
  - la prise en compte effective de la fiabilité dans tout le cycle de vie.
- L'audit FIDES est un complément à l'audit ISO 9001 V2000 car plus spécifique et orienté sûreté de fonctionnement.
- Les objectifs spécifiques de réalisation de l'audit FIDES :
  - Evaluation d'un Indicateur Qualité quantifié représentatif de la capacité de l'entreprise à maîtriser la fiabilité de ses produits (facteur process\_grade ou  $\Pi_{Process}$ ).
  - Evaluation d'un facteur dimensionnant de la fiabilité : calcul du  $\Pi_{Process}$ .
  - Identification des forces et faiblesses de l'entreprise et formulation de recommandations ciblées pour l'amélioration du processus interne.



## 5.4. Réalisation de l'audit

La réalisation de l'audit consiste à :

- Présenter l'audit (rappel des objectifs, sa portée, les règles). Poser les questions, (le cas échéant poser les questions complémentaires nécessaires à la détermination du niveau du critère atteint).
- Noter les réponses des cibles auditées en regard de chaque question.
- Recueillir les preuves disponibles immédiatement en vue de les joindre au rapport.
- Classer les preuves recueillies pendant l'audit.
- Prendre en compte d'éventuelles preuves supplémentaires.

Au cours de l'audit, si cela n'a pu être fait lors de la préparation, l'auditeur notera les questions non pertinentes (c'est à dire dont les activités processus n'ont pas lieu d'être) : cette opération permettra de recalculer le score maximum attendu pour l'audit considéré.

## 5.5. Traiter l'information recueillie

Le traitement de l'information consiste à évaluer pour chaque recommandation le positionnement de l'entité auditée par rapport aux critères en utilisant les réponses fournies aux questions, les preuves apportées en appui de ces réponses et les pondérations associées à chacune des recommandations.

Le résultat de ce traitement permet de :

- déterminer le niveau de fiabilité à associer à l'entité auditée,
- quantifier le facteur processus ( $\Pi_{\text{Process}}$ ) à prendre en compte,
- identifier, le cas échéant, des axes d'amélioration pour l'entité auditée.

## 5.6. Présenter le résultat d'audit

L'auditeur présentera le résultat de l'audit au commanditaire et à l'audité à l'issue de l'audit. Cette présentation abordera :

- l'objectif de l'audit,
- le plan d'audit & sa mise en œuvre,
- le résultat d'audit,
- les axes d'amélioration identifiés,
- les conclusions.

Par la suite, le rapport d'audit rédigé sera remis au commanditaire.

## 5.7. Principe de positionnement

A l'issu de l'audit, à partir des réponses aux questions et de l'évaluation des réponses par rapport aux critères en tenant compte de la pondération, il est possible d'évaluer le score de l'organisation auditée ( $\Pi_{\text{Process}}$  pour une ou plusieurs phases et  $\Pi_{\text{Process}}$  pour un cycle de vie complet).

Le score minimum possible correspond à un processus ne répondant à aucun des critères. La méthodologie FIDES n'a pas établi de règle fixant le score minimum acceptable pour que la méthodologie FIDES soit considérée comme applicable. De telles règles ne peuvent provenir que de l'utilisation pratique de la méthodologie dans l'industrie.

Selon la position de ce score (**process\_grade**) par rapport au maximum possible, l'entité auditée pourra être considéré de niveau "très haute fiabilité", "haute fiabilité", "standard" ou enfin "non fiabilisé".

Niveau	Processus	$\Pi_{\text{Process}}$	Process grade
Très haute fiabilité	Processus presque sans faiblesse	<1,7	> 75%
Haute Fiabilité	Processus maîtrisé, ingénierie fiabilité	1,7 à 2,8	50% à 75%
Standard	Procédures qualité usuelles type ISO 9001 version 2000	2,8 à 4,8	25% à 50%
Non fiabilisé	Pas de prise en compte des problèmes de fiabilité	>4,8	<25%

### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

## 5.8. Profil des acteurs de l'audit

### 5.8.1. Profil des auditeurs

Les auditeurs devraient être :

- Des ingénieurs, cadres, ou techniciens ayant au moins 5 ans d'expérience.
- Avoir une connaissance de la norme ISO 9001 Version 2008 ou 2000.
- Avoir des compétences et une expérience théorique et pratique en fiabilité.
- Avoir été formés à la conduite d'audit.

Ces pré-requis seront complétés par une bonne connaissance de la méthodologie FIDES.

Ces compétences peuvent aussi être obtenues par une équipe d'audit (typiquement : un auditeur confirmé et un spécialiste en fiabilité).

### 5.8.2. Profil des audités

Compte tenu de la diversité des organisations susceptibles d'être auditées, les audités pourront présenter des profils différents.

Par contre, ils seront les représentants de la population des dix-huit cibles identifiées par FIDES. En cas d'audit partiel, les audités pourront ne représenter qu'un sous-ensemble de ces cibles.

N°	Population cible	Description
1	Achats	- Responsables du référentiel (création, mise en place) processus et documents d'achats. - Acheteur projet: responsable de la négociation Clauses Techniques/ Coûts et du respect des engagements.
2	Bureau d'étude / Conception	- Analyse ou réalisation des cahiers de charges, spécifications techniques et dossiers de justification, et traçabilité. - Mise en place de l'équipe de conception, évaluation, approbation, validation. - Gestion des planning, revues, indicateurs (coûts, qualité, etc.).
3	Client (donneur d'ordre)	- Responsable de la spécification des exigences FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité) et des spécifications connexes (profils de vie, référentiels des analyses etc.).
4	Direction site	- Responsable de la gestion en moyens globaux du site (conception, production, industrialisation).
5	Gestion documentaire	- Enregistrement / archivage et consultation (mise à disposition) de la documentation archivée (dossiers de définitions, spécifications, dossiers d'achats etc.). - Gestionnaire de documentation projet
6	Exploitation	- Responsable de l'utilisation: respect des recommandations, documentation d'utilisation, formation des utilisateurs. - Utilisateurs finaux.

#### Groupe FIDES

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

N°	Population cible	Description
7	Industrialisation / Production / Intégration: Gestion des méthodes et de la qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traçabilité des produits et dossiers de production / industrialisation / intégration (Responsable Industrialisation).</li> <li>- Maîtrise de la qualité des services, fluides et de l'environnement du milieu de travail.</li> <li>- Référentiel (création, mise en place) contrôles etc.</li> </ul>
8	Industrialisation / Production / Intégration: Gestion du site et des moyens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtrise des moyens de contrôle (chef d'atelier).</li> <li>- Maîtrise des procédures et comptes-rendus d'essais et contrôles.</li> </ul>
9	Industrialisation / Production / Intégration: Personnels opérants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation des essais (moyens, planning etc.).</li> </ul>
10	Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Responsable des moyens et procédures de maintenance, du respect des recommandations, et du traitement des anomalies (service Maintien en Condition Opérationnelle).</li> <li>- Réalisateur de la maintenance.</li> </ul>
11	Manutention / Logistique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métier des procédures et clauses transport/ manutention/ conditionnement/ stockage.</li> </ul>
12	Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Management et spécification/ réalisation des clauses fournisseurs ou internes:</li> <li>- Synthèse des activités FMDS, Soutien Logistique, obsolescence, qualification, Qualité, Manutention/conditionnement/stockage etc., production, Service Après Vente...</li> <li>- Gestion des risques (techniques, planification, non-conformité).</li> </ul>
13	Qualité	Description et la mise en place des processus : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traçabilité des produits en conception, production, livraison et clientèle.</li> <li>- Assurance de la mise en place et du respect des référentiels métiers et Qualité.</li> <li>- Suivi du traitement des anomalies ou non-conformité.</li> </ul>
14	Ressources Humaines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adéquation charge / qualification / ressources humaines et fructification du savoir et de l'expérience.</li> </ul>
15	Service Après Vente, support client	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des réclamations clients et des anomalies ou de la non-conformité.</li> </ul>
16	Service Composants / Qualifications fournisseurs / Veille Technologique / Approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Référentiel (création, mise en place) contrôles et qualification (fonctionnelle, technique) des articles achetés.</li> </ul>
17	Soutien Logistique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acteur projet de la mise en place des analyses de Soutien.</li> <li>- Référentiel (création, mise en place) processus Soutien Logistique (description du processus, analyses et essais justificatives, essais de qualification).</li> </ul>
18	Sûreté de Fonctionnement, FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pilote projet de la mise en place de la FMDS / référentiel (ressources, moyens), du suivi projet (indicateurs, spécifications, gestions des risques, faisabilité FMDS etc.) et de la sensibilisation des autres entités à la FMDS.</li> <li>- Référentiel (création, mise en place, réalisation).</li> </ul>

**Groupe FIDES**

AIRBUS France - Eurocopter - Nexter Electronics - MBDA missile systems - Thales Systèmes Aéroportés SA - Thales Avionics - Thales Corporate Services SAS - Thales Underwater Systems

**V**  
**Recommandations du guide de maîtrise et d'audit du**  
**Processus Fiabilité**

- 1. Tables des recommandations avec les pondérations.**
- 2. Fiches détaillées par recommandation.**

## **Tables des recommandations avec les pondérations**

## Spécification

Numéro	Recommandation	Question	Poids
1	Affecter les ressources en terme de personnel et moyens aux études de fiabilité.	Y a-t-il un poste de financement pour les études de fiabilité? Les moyens et personnels nécessaires sont-ils identifiés?	10,7
2	Allouer les exigences de fiabilité aux sous-ensembles.	Les exigences globales de fiabilité sont-elles allouées aux sous-ensembles? Quelle méthode d'allocation a été utilisée?	10,4
26	Décrire complètement l'environnement dans lequel le produit va être utilisé et maintenu.	Y a-t-il une description et une caractérisation de l'environnement dans lequel le produit va être stocké, transporté, utilisé et maintenu ?	12,4
28	Définir la défaillance du produit.	Qu'est-ce qui est considéré comme une défaillance du produit?	10,3
29	Définir la méthode de démonstration de la fiabilité du produit en phase opérationnelle.	Comment envisage-t-on la démonstration de la fiabilité du produit?	9,8
31	Définir le profil de vie du produit pour lequel les performances de fiabilité sont attendues.	Est-ce que le profil d'utilisation du produit pour lequel les performances de fiabilité sont attendues est défini?	9,9
40	Donner le contexte associé aux exigences de fiabilité du produit.	Quel est le contexte associé aux exigences de fiabilité du produit?	8,1
53	Exploiter le retour d'expérience.	Les retours d'expérience sont-ils mis à profit pour maintenir un bon niveau de confiance dans la tenue des performances de fiabilité?	8,5
54	Faire participer le métier Sûreté de Fonctionnement à la conception fonctionnelle et organique du produit.	Les critères de fiabilité sont-ils pris en compte dans l'architecture des produits, les choix de conception, d'industrialisation, de soutien?	12,6
57	Formuler quantitativement l'exigence de fiabilité.	L'exigence de fiabilité est-elle exprimée de façon quantitative?	8,2
62	Identifier formellement les risques techniques impactant la fiabilité.	Les risques techniques impactant la fiabilité sont-ils identifiés?	12,4
64	Identifier le type de mesure de temps pour les performances de fiabilité.	A-t-on identifié un type de mesure de temps (Heures de fonctionnement, Heures de vol, cycles, etc.) pour les performances de fiabilité?	6,6
65	Identifier les exigences du donneur d'ordre.	A-t-on identifié, documenté et tracé les exigences du client?	7,3
103	Négocier les exigences de fiabilité avec le donneur d'ordre	Prend-on en compte l'état de l'art technologique et l'optimisation coût performance de la conception du produit lors des négociations des exigences de fiabilité avec le client?	10,7
106	Organiser une revue de conception où les aspects Fiabilité sont traités.	Une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités est-elle organisée?	10,3

<b>Numéro</b>	<b>Recommandation</b>	<b>Question</b>	<b>Poids</b>
107	Organiser une revue des exigences produit où les aspects Fiabilité sont traités.	Une revue des exigences qui traite des aspects fiabilité est-elle organisée?	10,3
117	Prendre en compte la politique de maintenance du produit (demande du donneur d'ordre).	Comment est prise en compte la politique de maintenance du produit (demandée par le client)?	5,8
122	Rédiger un Plan de Fiabilité	A-t-on rédigé un Plan de Fiabilité pour le produit?	7,6



## Conception

Numéro	Recommandation	Question	Poids
6	Assurer la complétude des renseignements sur les sous-ensembles pour établir (compléter) les Manuels de Test sous-ensembles.	Est-ce que les données techniques des sous-ensembles sont disponibles pour la mise au point du test production?	7,8
7	Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.	Quel processus est mis en oeuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	6,7
8	Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions correctives?	6,8
16	Assurer l'intervention à chaque étape d'un responsable soutien logistique, industrialisation, achat, développeur et FMDS (ingénierie simultanée)	Le point de vue des différentes disciplines intervenant dans l'ingénierie est-il pris en compte?	16,7
34	Disposer de personnel qualifié en moyens d'essai, mesures et aux normes afférentes	Quelles dispositions ont été prises pour que le personnel concerné soit qualifié en moyens d'essai, mesures et aux normes afférentes?	5,8
36	Disposer d'un document justificatif d'études techniques préliminaires de fiabilité.	Y a-t-il une liste des éléments justificatifs?	8
38	Disposer d'une capitalisation du savoir-faire par des procédures métiers	Y a-t-il une gestion des procédures métier?	13,8
39	Disposer et gérer une grille nominative des compétences requises par activité.	Y a-t-il une gestion des compétences?	24,5
44	En vue du Soutien Logistique, rédiger un recueil de recommandations métiers portant sur les opérations de manipulation et de stockage chez l'utilisateur.	Y a-t-il un recueil des recommandations métiers sur les opérations de manipulation et de stockage chez le client?	7,7
48	Etablir et maintenir une liste préférentielle de composants.	Y a-t-il une liste préférentielle de composants?	8
50	Existence d'une base de données capitalisant le retour d'expérience.	Les retours d'expérience sont-ils mis à profit pour améliorer les conceptions futures?	24,2
51	Existence d'une base de données capitalisant les études d'évaluation de fiabilité.	Y a-t-il une base de données capitalisant les études d'évaluation de fiabilité?	10,6

Numéro	Recommandation	Question	Poids
52	Existence d'une base de données sur l'historique des définitions et les justificatifs de définition.	Y a-t-il une base de données sur l'historique et les justificatifs de définition?	7,8
54	Faire participer le métier Sûreté de Fonctionnement à la conception fonctionnelle et organique du produit.	Les critères de fiabilité sont-ils pris en compte dans l'architecture des produits, les choix de conception, d'industrialisation, de soutien?	12,6
61	Identifier et mettre en oeuvre des moyens de protection des sous-ensembles.	A-t-on identifié et mis en œuvre des moyens de protection des sous-ensembles durant certaines activités de production?	7,3
62	Identifier formellement les risques techniques impactant la fiabilité.	Les risques techniques impactant la fiabilité sont-ils identifiés?	21
83	Maximiser la couverture de test sur la base de la spécification et justification.	S'assure-t-on que la couverture de test est maximale et qu'elle s'appuie sur la spécification? Y a t'il un document justificatif?	6
86	Mettre en oeuvre des vérifications de conception.	Y a-t-il des procédures de vérification de conception?	27,1
87	Mettre en oeuvre un concept de maintenance en soutien logistique.	Y a-t-il un concept de maintenance?	5,4
106	Organiser une revue de conception où les aspects Fiabilité sont traités.	Une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités est-elle organisée?	12,1
123	Rédiger un plan de management où sont identifiées les compétences clés (spécialistes).	Y a-t-il un plan de management de la fiabilité, identifiant les compétences clés (spécialistes)?	17,7
124	Rédiger une procédure d'acceptation.	Existe-t-il une procédure d'acceptation pour les tests en production?	7,8
130	S'assurer de l'existence de la documentation d'analyse nécessaire à l'évaluation de la fiabilité.	Y a-t-il une documentation d'analyse pour l'évaluation de la fiabilité?	7,5
131	S'assurer de l'existence de règles en conception pour adapter le choix d'un composant pour une fiabilité donnée.	Y a-t-il des règles en conception pour adapter le choix d'un composant pour une fiabilité donnée?	12,7
132	S'assurer de l'existence d'une définition des points de test production et de l'application des recommandations de test.	Existe-t-il une définition des points de test et une application des recommandations pour les tests en production?	6
133	S'assurer de l'existence d'une procédure de qualification produit / process.	Y a-t-il une procédure de qualification des produits et du processus de fabrication?	7,2
134	S'assurer de l'existence d'une procédure de qualification produit/fournisseur.	Y a-t-il une procédure de qualification produit/fournisseur?	7,6
135	S'assurer de l'existence d'une qualification de fabrication du nouveau composant.	Les nouveaux composants sont-ils qualifiés avant leur utilisation?	7,2
137	S'assurer que le calcul prévisionnel de fiabilité est effectué avec un outil reconnu (FIDES, MIL-HDBK-217 recalé, retour d'expérience propriétaire ou autre méthode).	Y a-t-il un outil de calcul de fiabilité formalisé? Y a-t-il un choix de recueil de fiabilité (FIDES, MIL-HDBK-217 recalé, retour d'expérience propriétaire ou autre méthode) formalisé?	7,7

<b>Numéro</b>	<b>Recommandation</b>	<b>Question</b>	<b>Poids</b>
147	Tenir compte de l'équilibre fiabilité/complexité des tests intégrés.	Les choix relatifs à la couverture des tests sont-ils documentés?	10,2
150	Utilisation de moyens de modélisation validés et reconnus.	Y a-t-il utilisation de moyens de modélisation validés et reconnus?	13,8

**Fabrication carte ou sous-ensemble**

Numéro	Recommandation	Question	Poids
5	Améliorer le test final du produit vu en conception et spécification pour augmenter la couverture de test et faire un bilan des tests.	Y a-t-il un test final du produit? Des non-conformités des résultats de test donnent-ils lieu à traitement: au niveau du produit; au niveau du processus? Y a-t-il enregistrement des résultats de test?	6,6
7	Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.	Quel processus est mis en œuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	15,4
8	Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions correctives?	15,6
17	Assurer un monitoring des paramètres de contrôle durant l'activité de vernissage.	Y a-t-il un monitoring des paramètres de contrôle durant l'activité de vernissage?	9,9
18	Assurer une maintenance corrective dès apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits.	Y a-t-il une maintenance corrective dès l'apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits?	6,9
19	Assurer une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production.	Est il prévu une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production?	4
21	Assurer une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée.	Y a-t-il une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée?	4,1
22	Auditer systématiquement les opérateurs de test finaux pour un suivi des compétences.	Y a-t-il un audit systématique des compétences des opérateurs des tests finaux?	4,1
23	Automatiser les manipulations pour limiter les dégradations possibles sur les sous-ensembles.	La production et la manipulation des sous-ensembles sont-elles automatisées?	6,5
25	Contrôler et maintenir (par une mise à jour) les données chargées dans les moyens de production programmables.	Les données chargées dans les moyens de production programmables sont-elles gérées?	2,8
33	Déléguer le contrôle général de l'opération de vernissage sous-ensemble, afin d'optimiser le filtrage avant poursuite dans le processus.	Le contrôle vernissage sous-ensemble est-il réalisé par une autre personne que l'opérateur de vernissage?	4,4

Numéro	Recommandation	Question	Poids
37	Disposer d'un personnel expérimenté sur l'activité de séchage sous-ensemble suite au vernissage.	Est-ce que l'activité de séchage sous-ensemble suite au vernissage est confiée à un personnel expérimenté?	5,6
41	Donner les consignes (protocole et consignes particulières à respecter) aux opérateurs.	Les consignes (protocole et consignes particulières à respecter), sont-elles données aux opérateurs?	7,4
42	Effectuer des relevés des profils de température pour chaque programme du moyen de brasage pour s'assurer que l'on n'agresse pas le sous-ensemble.	Y a-t-il des relevés des profils de température pour chaque programme du moyen de brasage?	6,9
43	Eliminer toutes possibilités d'ambiguïté d'utilisation d'un outil pour ne pas avoir une inadéquation entre le moyen de production et le sous-ensemble auquel on l'applique.	Comment s'assure-t-on du fait que les moyens de production sont adaptés aux éléments à produire?	7,2
46	Enregistrer (sur Fiche d'Anomalies) les problèmes devant conduire à l'application d'actions correctives et / ou préventives.	Comment sont enregistrés les faits techniques ou rapports d'anomalies?	7,6
60	Gérer les priorités à respecter en fonction des dates de fin de dossier.	Comment sont gérées les priorités en fonction des dates de fin de dossier?	3,1
61	Identifier et mettre en oeuvre des moyens de protection des sous-ensembles.	A-t-on identifié et mis en œuvre des moyens de protection des sous-ensembles durant certaines activités de production?	7,3
77	Maîtriser les évolutions des procédés de fabrication.	Comment est assurée la maîtrise des évolutions des procédés de fabrication?	13,9
84	Mesurer la contamination des bains par prélèvement (fréquence à définir) de façon à ne pas dépasser le taux de polluant lors de cette activité.	La mesure de la contamination des bains de brasage par prélèvement (de façon à ne pas dépasser le taux de polluant lors de cette activité) est-elle bien effectuée?	5,8
88	Mettre en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble.	La mise en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines (pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble) est-elle pratiquée?	5,3
89	Mettre en place des indicateurs permettant de vérifier que l'on aura une bonne soudure lors du report des composants.	Existe-t-il des indicateurs permettant de vérifier que l'on aura une bonne soudure lors du report des composants?	6
90	Mettre en place des inventaires périodiques des magasins.	Veille-t-on au respect de la mise en place d'inventaires des stocks ?	5,5
91	Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.	Avez-vous mis en place des protections spécifiques contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages?	26
92	Mettre en place des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production.	Existe-t-il des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production?	4,9
93	Mettre en place les protections adéquates pour ne pas dégrader les sous-ensembles lors du nettoyage.	Existe-t-il des protections adéquates pour ne pas dégrader les sous-ensembles lors du nettoyage?	6

Numéro	Recommandation	Question	Poids
94	Mettre en place un autotest des outils de test permettant de détecter une anomalie éventuelle.	Existe-t-il un autotest des outils de test permettant de détecter une anomalie éventuelle avant utilisation sur le sous-ensemble?	5,1
95	Mettre en place un contrôle croisé afin d'optimiser le contrôle final du vernissage des sous-ensembles.	Existe-t-il un contrôle croisé afin d'optimiser le contrôle final du vernissage des sous-ensembles?	5,6
96	Mettre en place un contrôle de conformité à la mise en stock magasin (exclusion des articles non conformes).	Existe-t-il un contrôle de conformité à la mise en stock magasin avec l'exclusion des articles non conformes?	6
97	Mettre en place un contrôle du processus de production par SPC (Statistical Process Control).	Existe-t-il un contrôle du processus de production par SPC (Statistical Process Control)?	4,5
98	Mettre en place un descriptif détaillé du protocole de vernissage.	Existe-t-il un descriptif détaillé du protocole de vernissage?	5,8
99	Mettre en place un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés.	Existe-t-il un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés?	6,4
100	Mettre en place un traitement non différé des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie.	Existe-t-il un traitement temps réel des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie?	4,7
101	Mettre en place une maintenance préventive par suivi métrologique interdisant une possibilité d'agression du sous-ensemble.	Existe-t-il une maintenance préventive par suivi métrologique?	5,9
102	Ne valider et autoriser le fonctionnement des étuves qu'en contrôlant les dérives et dysfonctionnements (par sondes et autres surveillances).	Pour valider ou autoriser le fonctionnement des étuves, utilise t-on un contrôle des dérives et dysfonctionnements (par sondes et autres surveillances)?	6,1
112	Posséder des sécurités hautes et basses reliées aux moyens de contrôle et surveillance (arrêt systématique du cycle et analyse par un technicien avant relance).	Des sécurités hautes et basses reliées aux moyens de contrôle et surveillance (arrêt systématique du cycle et analyse par un technicien avant relance) sont-elles prévues?	5,7
115	Posséder un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes utilisées afin de ne pas défiabiliser le sous-ensemble.	Y a-t-il un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes de vernissage utilisée afin de ne pas défiabiliser le sous-ensemble?	6,5
120	Prévoir une étape de contrôle (même visuel) du bon déroulement de l'activité de la pose d'épargnes avant vernissage.	Y a-t-il une étape de contrôle (même visuel) du bon déroulement de l'activité de la pose d'épargnes avant vernissage?	6,5
121	Prévoir une maintenance préventive permettant de détecter une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble.	Y a-t-il une maintenance préventive permettant de détecter une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble?	4,7
125	Respecter un délai de repos entre chaque phases de reports pour ne pas overstresser le sous-ensemble.	Respecte-t-on un délai de repos entre chaque sérigraphie pour ne pas overstresser le sous-ensemble?	6,4

Numéro	Recommandation	Question	Poids
126	Réviser et robustifier les plans de maintenance des moyens de production pour éliminer toute possibilité de dégradation sur les connexions des composants.	Les plans de maintenance des moyens de production pour éliminer toute possibilité de dégradation sur les connexions des composants sont-ils révisés et robustifiés?	6,7
127	S'assurer de la maîtrise de la préparation du vernis (dosage) par une procédure qualifiée et des mesures de contrôle.	S'assure-t-on de la maîtrise de la préparation du vernis (dosage) par une procédure qualifiée et des mesures de contrôle?	5,9
128	S'assurer de la sensibilisation des opérateurs et étudier comment effectuer des mises à jour en temps réel de leur compétence.	S'assure-t-on de la sensibilisation des opérateurs et étudie-t-on comment effectuer des mises à jour en temps réel de leurs compétences?	4,4
129	S'assurer de l'efficacité du contrôle final qualité du vernissage par une application stricte de la procédure de contrôle.	S'assure-t-on de l'efficacité du contrôle final qualité du vernissage par une application stricte de la procédure de contrôle?	5,2
136	S'assurer que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue.	S'assure-t-on que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue ?	5,1
138	S'assurer que le logiciel chargé est le bon et conserver l'identification de sa version.	S'assure-t-on que le logiciel chargé est le bon et conserve-t-on l'identification de sa version?	6,7
139	S'assurer que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi.	S'assure-t-on que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi?	5,9
140	S'assurer que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité.	S'assure-t-on que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité?	8,5
141	Sécuriser les moyens (T° de l'étuve) par le biais de surveillances directes par sondes et enregistrements, pour éviter les overstress.	Sécurise-t-on les moyens (T° de l'étuve) par le biais de surveillances directes par sondes et enregistrements, pour éviter les overstress?	6,6
144	Sensibiliser le personnel à une vérification visuelle des sous-ensembles après placement et avant re-fusion.	Sensibilise-t-on le personnel à une vérification visuelle des sous-ensembles après placement et avant re-fusion?	5,9
145	Sensibiliser les opérateurs à la vérification de la qualité du dépôt de la crème à braser (mise en oeuvre d'un acte de vérification, qui doit figurer dans la fiche suiveuse du sous-ensemble).	Sensibilise-t-on les opérateurs à la vérification de la qualité du dépôt de pâte à souder (mise en oeuvre d'un acte de vérification, qui doit figurer dans la fiche suiveuse du sous-ensemble)?	5,9
153	Vérifier la conformité des produits achetés.	Vérifie-t-on la conformité des produits achetés?	8,6
154	Vérifier par une action de contrôle (douchage, lecture du S/N) que l'on dispose du bon produit avant de débiter le test.	Vérifie-t-on par une action de contrôle (douchage, lecture du S/N) que l'on dispose du bon produit avant de débiter le test?	6,1
155	Vérifier que la couverture de test pendant et après le déverminage est correctement formalisée.	Vérifie-t-on que la couverture de test pour le déverminage est correctement formalisée?	5,2

## Intégration équipement

Numéro	Recommandation	Question	Poids
5	Améliorer le test final du produit vu en conception et spécification pour augmenter la couverture de test et faire un bilan des tests.	Y a-t-il un test final du produit? Des non-conformités des résultats de test donnent-ils lieu à traitement: au niveau du produit; au niveau du processus? Y a-t-il enregistrement des résultats de test?	6,6
7	Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.	Quel processus est mis en oeuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	15,4
8	Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions correctives?	15,6
9	Assurer la traçabilité du produit.	Comment est assurée la traçabilité du produit?	16,5
10	Assurer le conditionnement.	Est-ce que le fournisseur maîtrise les processus d'emballage, de conditionnement, et de marquage pour assurer la conformité aux exigences spécifiées? Y a-t-il une liste des matériels nécessitant un conditionnement?	12,3
11	Assurer le stockage.	Y a-t-il des aires ou des locaux de stockage désignés? Sont-ils utilisés afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration du produit? Des mesures appropriées sont-elles prises pour autoriser la réception et l'expédition dans ces aires?	10,8
12	Assurer les conditions de livraison.	Est-ce que le fournisseur prend des dispositions pour le maintien de la qualité du produit après les contrôles et essais finaux? Lorsque cela est spécifié contractuellement, ce maintien est-il étendu pour inclure la livraison à destination?	17,5
13	Assurer les contrôles et essais au cours de la phase.	Y a-t-il un risque qu'un produit n'ayant pas satisfait aux contrôles et essais prévus au cours d'une phase passe à la phase suivante sans action corrective?	7,2
14	Assurer les contrôles et essais finaux.	Est-ce que tous les contrôles et essais finaux ont été réalisés conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites?	7,9



Numéro	Recommandation	Question	Poids
15	Assurer les contrôles et essais propres à la réception.	Est-ce qu'un produit entrant est soumis aux contrôles et essais adaptés avant utilisation?	6,7
18	Assurer une maintenance corrective dès l'apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits.	Y a-t-il une maintenance corrective dès l'apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits?	6,9
19	Assurer une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production.	Est-il prévu une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production?	4
21	Assurer une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée.	Y a-t-il une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée?	4,1
22	Auditer systématiquement les opérateurs de test finaux pour un suivi des compétences.	Y a-t-il un audit systématique des compétences des opérateurs des tests finaux?	4,1
23	Automatiser les manipulations pour limiter les dégradations possibles sur les sous-ensembles.	La production et la manipulation des sous-ensembles sont-elles automatisées?	6,5
25	Contrôler et maintenir (par une mise à jour) les données chargées dans les moyens de production programmables.	Les données chargées dans les moyens de production programmables sont-elles gérées?	2,8
30	Définir le degré de non-conformité.	La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est-elle enregistrée pour indiquer l'état réel du produit?	10,3
32	Définir les moyens nécessaires au contrôle et essai du produit.	Les moyens nécessaires aux contrôles et essais du produit sont-ils définis?	11,6
35	Disposer des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures.	Y a-t-il des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures?	8,8
41	Donner les consignes (protocole et consignes particulières à respecter) aux opérateurs.	Les consignes (protocole et consignes particulières à respecter), sont-elles données aux opérateurs?	7,4
43	Eliminer toutes possibilités d'ambiguïté d'utilisation d'un outil pour ne pas avoir une inadéquation entre le moyen de production et le sous-ensemble auquel on l'applique.	Comment s'assure-t-on du fait que les moyens de production sont adaptés aux éléments à produire?	7,2
46	Enregistrer (sur Fiche d'Anomalies) les problèmes devant conduire à l'application d'actions correctives et / ou préventives.	Comment sont enregistrés les faits techniques ou rapports d'anomalies?	7,6
47	Etablir des procédures de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées.	Y a-t-il des procédures écrites de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées?	10,6
49	Examiner et traiter les non-conformités.	La responsabilité relative à l'examen et à la décision pour le traitement du produit non conforme est-elle définie?	13,6

Numéro	Recommandation	Question	Poids
60	Gérer les priorités à respecter en fonction des dates de fin de dossier.	Comment sont gérées les priorités en fonction des dates de fin de dossier?	3,1
61	Identifier et mettre en oeuvre des moyens de protection des sous-ensembles.	A-t-on identifié et mis en œuvre des moyens de protection des sous-ensembles durant certaines activités de production?	7,3
66	Identifier les moyens concernant les procédés spéciaux.	Les moyens concernant les procédés spéciaux sont-ils identifiés?	13,1
67	Identifier les ressources humaines concernant les procédés spéciaux.	Les ressources humaines concernant les procédés spéciaux sont-elles gérées?	11,7
70	Maîtriser la documentation de contrôle et d'essais du produit.	Comment est assurée la maîtrise de la documentation de contrôle et d'essais du produit?	9,3
71	Maîtriser la documentation.	La maîtrise de la documentation est-elle bien assurée? Prend-elle en compte toutes les évolutions du matériel?	12,2
73	Maîtriser l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins.	Comment est assurée la maîtrise de l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins?	9,6
74	Maîtriser l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais?	7,9
75	Maîtriser l'environnement du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement du milieu de travail?	9,6
77	Maîtriser les évolutions des procédés de fabrication.	Comment est assurée la maîtrise des évolutions des procédés de fabrication?	13,9
78	Maîtriser les méthodes de manutention.	Les modes de manutention et de transport sont-ils définis?	8,8
79	Maîtriser les moyens de production, les outillages et les machines programmables.	Comment est assurée la maîtrise des équipements de production, des outillages et des programmes de machines à commande numérique?	10,5
80	Maîtriser les opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison.	Comment est assurée la maîtrise des opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison?	6,5
81	Maîtriser les procédés spéciaux.	Comment est assurée la maîtrise des procédés spéciaux?	14,4
82	Maîtriser les services et fluides du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise des services et fluides du milieu de travail?	10,1
88	Mettre en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble.	La mise en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines (pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble) est-elle pratiquée?	5,3
91	Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.	Avez-vous mis en place des protections spécifiques contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages?	26
92	Mettre en place des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production.	Existe-t-il des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production?	4,9

Numéro	Recommandation	Question	Poids
94	Mettre en place un autotest des outils de test permettant de déceler une anomalie éventuelle.	Existe-t-il un autotest des outils de test permettant de déceler une anomalie éventuelle avant utilisation sur le sous-ensemble?	5,1
99	Mettre en place un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés.	Existe-t-il un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés?	6,4
100	Mettre en place un traitement non différé des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie.	Existe-t-il un traitement temps réel des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie?	4,7
113	Posséder les enregistrements des contrôles et essais.	Établie-t-on et conserve-t-on des enregistrements apportant la preuve que le produit a subi les contrôles et/ou les essais conformément aux critères définis? Les enregistrements permettent-ils d'identifier la personne ayant effectué les contrôles?	5,3
114	Posséder un dossier de contrôle.	Y a-t-il un dossier de contrôle regroupant les critères d'acceptation, la liste séquentielle des opérations de contrôle et d'essais, les documents d'enregistrement des résultats de contrôles, la liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques?	5,7
116	Posséder une documentation spécifique à la non-conformité.	Y a-t-il une documentation spécifique à la non-conformité?	11,1
121	Prévoir une maintenance préventive permettant de déceler une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble.	Y a-t-il une maintenance préventive permettant de déceler une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble?	4,7
136	S'assurer que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue.	S'assure-t-on que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue ?	5,1
138	S'assurer que le logiciel chargé est le bon et conserver l'identification de sa version.	S'assure-t-on que le logiciel chargé est le bon et conserve-t-on l'identification de sa version?	6,7
139	S'assurer que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi.	S'assure-t-on que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi?	5,9
140	S'assurer que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité.	S'assure-t-on que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité?	8,5
153	Vérifier la conformité des produits achetés.	Vérifie-t-on la conformité des produits achetés?	8,6

## Intégration système

Numéro	Recommandation	Question	Poids
7	Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.	Quel processus est mis en œuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	15,4
8	Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions correctives?	15,6
9	Assurer la traçabilité du produit.	Comment est assurée la traçabilité du produit?	16,5
10	Assurer le conditionnement.	Est-ce que le fournisseur maîtrise les processus d'emballage, de conditionnement, et de marquage pour assurer la conformité aux exigences spécifiées? Y a-t-il une liste des matériels nécessitant un conditionnement?	12,3
11	Assurer le stockage.	Y a-t-il des aires ou des locaux de stockage désignés? Sont-ils utilisés afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration du produit? Des mesures appropriées sont-elles prises pour autoriser la réception et l'expédition dans ces aires?	10,8
12	Assurer les conditions de livraison.	Est-ce que le fournisseur prend des dispositions pour le maintien de la qualité du produit après les contrôles et essais finaux? Lorsque cela est spécifié contractuellement, ce maintien est-il étendu pour inclure la livraison à destination?	17,5
13	Assurer les contrôles et essais au cours de la phase.	Y a-t-il un risque qu'un produit n'ayant pas satisfait aux contrôles et essais prévus au cours d'une phase passe à la phase suivante sans action corrective?	7,2
14	Assurer les contrôles et essais finaux.	Est-ce que tous les contrôles et essais finaux ont été réalisés conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites?	7,9
15	Assurer les contrôles et essais propres à la réception.	Est-ce qu'un produit entrant est soumis aux contrôles et essais adaptés avant utilisation?	6,7

Numéro	Recommandation	Question	Poids
30	Définir le degré de non-conformité.	La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est-elle enregistrée pour indiquer l'état réel du produit?	10,3
32	Définir les moyens nécessaires au contrôle et essai du produit.	Les moyens nécessaires aux contrôles et essais du produit sont-ils définis?	11,6
35	Disposer des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures.	Y a-t-il des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures?	8,8
47	Etablir des procédures de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées.	Y a-t-il des procédures écrites de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées?	10,6
49	Examiner et traiter les non-conformités.	La responsabilité relative à l'examen et à la décision pour le traitement du produit non conforme est-elle définie?	13,6
66	Identifier les moyens concernant les procédés spéciaux.	Les moyens concernant les procédés spéciaux sont-ils identifiés?	13,1
67	Identifier les ressources humaines concernant les procédés spéciaux.	Les ressources humaines concernant les procédés spéciaux sont-elles gérées?	11,7
70	Maîtriser la documentation de contrôle et d'essais du produit.	Comment est assurée la maîtrise de la documentation de contrôle et d'essais du produit?	9,3
71	Maîtriser la documentation.	La maîtrise de la documentation est-elle bien assurée? Prend-elle en compte toutes les évolutions du matériel?	12,2
73	Maîtriser l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins.	Comment est assurée la maîtrise de l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins?	9,6
74	Maîtriser l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais?	7,9
75	Maîtriser l'environnement du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement du milieu de travail?	9,6
77	Maîtriser les évolutions des procédés de fabrication.	Comment est assurée la maîtrise des évolutions des procédés de fabrication?	13,9
78	Maîtriser les méthodes de manutention.	Les modes de manutention et de transport sont-ils définis?	8,8
79	Maîtriser les moyens de production, les outillages et les machines programmables.	Comment est assurée la maîtrise des équipements de production, des outillages et des programmes de machines à commande numérique?	10,5
80	Maîtriser les opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison.	Comment est assurée la maîtrise des opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison?	6,5
81	Maîtriser les procédés spéciaux.	Comment est assurée la maîtrise des procédés spéciaux?	14,4
82	Maîtriser les services et fluides du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise des services et fluides du milieu de travail?	10,1

Numéro	Recommandation	Question	Poids
88	Mettre en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble.	La mise en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines (pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble) est-elle pratiquée?	5,3
91	Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.	Avez-vous mis en place des protections spécifiques contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages?	18,4
99	Mettre en place un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés.	Existe-t-il un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés?	6,4
113	Posséder les enregistrements des contrôles et essais.	Établie-t-on et conserve-t-on des enregistrements apportant la preuve que le produit a subi les contrôles et/ou les essais conformément aux critères définis? Les enregistrements permettent-ils d'identifier la personne ayant effectué les contrôles?	5,3
114	Posséder un dossier de contrôle.	Y a-t-il un dossier de contrôle regroupant les critères d'acceptation, la liste séquentielle des opérations de contrôle et d'essais, les documents d'enregistrement des résultats de contrôles, la liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques?	5,7
116	Posséder une documentation spécifique à la non-conformité.	Y a-t-il une documentation spécifique à la non-conformité?	11,1
136	S'assurer que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue.	S'assure-t-on que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue ?	5,1
138	S'assurer que le logiciel chargé est le bon et conserver l'identification de sa version.	S'assure-t-on que le logiciel chargé est le bon et conserve-t-on l'identification de sa version?	6,7
153	Vérifier la conformité des produits achetés.	Vérifie-t-on la conformité des produits achetés?	8,6

## Exploitation et maintenance

Numéro	Recommandation	Question	Poids
7	Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.	Quel processus est mis en œuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	17,5
8	Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions correctives?	17,7
9	Assurer la traçabilité du produit.	Comment est assurée la traçabilité du produit?	9,2
10	Assurer le conditionnement.	Est-ce que le fournisseur maîtrise les processus d'emballage, de conditionnement, et de marquage pour assurer la conformité aux exigences spécifiées? Y a-t-il une liste des matériels nécessitant un conditionnement?	13,8
11	Assurer le stockage.	Y a-t-il des aires ou des locaux de stockage désignés? Sont-ils utilisés afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration du produit? Des mesures appropriées sont-elles prises pour autoriser la réception et l'expédition dans ces aires?	15,6
13	Assurer les contrôles et essais au cours de la phase.	Y a-t-il un risque qu'un produit n'ayant pas satisfait aux contrôles et essais prévus au cours d'une phase passe à la phase suivante sans action corrective?	11,2
14	Assurer les contrôles et essais finaux.	Est-ce que tous les contrôles et essais finaux ont été réalisés conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites?	10,4
20	Assurer une politique de maîtrise des risques associés aux non-conformités.	Est-ce qu'il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités, sur les produits mais aussi sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc?	16,3
30	Définir le degré de non-conformité.	La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est-elle enregistrée pour indiquer l'état réel du produit?	12,8

Numéro	Recommandation	Question	Poids
32	Définir les moyens nécessaires au contrôle et essai du produit.	Les moyens nécessaires aux contrôles et essais du produit sont-ils définis?	14,3
35	Disposer des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures.	Y a-t-il des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures?	9,9
47	Etablir des procédures de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées.	Y a-t-il des procédures écrites de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées?	6,8
63	Identifier la documentation pour les procédés spéciaux.	Existe-t-il une documentation pour les procédés spéciaux? Cette documentation est-elle mise à jour?	12,2
66	Identifier les moyens concernant les procédés spéciaux.	Les moyens concernant les procédés spéciaux sont-ils identifiés?	13,1
67	Identifier les ressources humaines concernant les procédés spéciaux.	Les ressources humaines concernant les procédés spéciaux sont-elles gérées?	13,7
71	Maîtriser la documentation.	La maîtrise de la documentation est-elle bien assurée? Prend-elle en compte toutes les évolutions du matériel?	5,6
72	Maîtriser la testabilité et la maintenabilité des produits.	Comment est assurée la maîtrise de la testabilité et la maintenabilité des produits?	17,6
73	Maîtriser l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins.	Comment est assurée la maîtrise de l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins?	11,3
74	Maîtriser l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais?	11,7
75	Maîtriser l'environnement du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise de l'environnement du milieu de travail?	10,8
77	Maîtriser les évolutions des procédés de fabrication.	Comment est assurée la maîtrise des évolutions des procédés de fabrication?	13,9
78	Maîtriser les méthodes de manutention.	Les modes de manutention et de transport sont-ils définis?	9,9
79	Maîtriser les moyens de production, les outillages et les machines programmables.	Comment est assurée la maîtrise des équipements de production, des outillages et des programmes de machines à commande numérique?	11,3
80	Maîtriser les opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison.	Comment est assurée la maîtrise des opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison?	11,3
81	Maîtriser les procédés spéciaux.	Comment est assurée la maîtrise des procédés spéciaux?	15,2
82	Maîtriser les services et fluides du milieu de travail.	Comment est assurée la maîtrise des services et fluides du milieu de travail?	12,2
91	Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.	Avez-vous mis en place des protections spécifiques contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages?	17,4



<b>Numéro</b>	<b>Recommandation</b>	<b>Question</b>	<b>Poids</b>
114	Posséder un dossier de contrôle.	Y a-t-il un dossier de contrôle regroupant les critères d'acceptation, la liste séquentielle des opérations de contrôle et d'essais, les documents d'enregistrement des résultats de contrôles, la liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques?	5,7
116	Posséder une documentation spécifique à la non-conformité.	Y a-t-il une documentation spécifique à la non-conformité?	11,1

**Activités support**

Numéro	Recommandation	Question	Poids
3	Allouer les infrastructures nécessaires au déroulement correct des opérations de production.	Les conclusions des études de fiabilité en terme d'infrastructures nécessaires en production et intégration sont-elles prises en compte?	7,4
4	Améliorer en permanence l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise.	Y a-t-il des objectifs d'amélioration de l'ingénierie fiabilité dans l'entreprise? Y a-t-il des indicateurs relatifs au positionnement par rapport à ces objectifs?	6,6
24	Collecter les observations du donneur d'ordre relatives à la fiabilité du produit en fonctionnement opérationnel.	Est-ce qu'une collecte des observations du client relatives à la fiabilité du produit en fonctionnement opérationnel est prévue?	7,9
27	Décrire le processus d'amélioration de la fiabilité du produit et les objectifs associés.	Y a-t-il des objectifs d'amélioration du processus de construction de la fiabilité du produit?	6,3
45	Engager une certification qualité de l'entreprise.	L'entreprise a t'est une ou plusieurs certification qualité, par exemple ISO 9001 Version 2000	6,5
55	Faire participer le métier Sûreté de Fonctionnement dans l'ensemble des phases du projet	Le métier sûreté de Fonctionnement participe-t-il à l'ensemble des phases du projet?	8,8
56	Former le personnel concerné par la Fiabilité ou employer du personnel qualifié en Fiabilité.	La formation des acteurs à la fiabilité est-elle adaptée à la criticité des performances de fiabilité attendues pour le produit?	7,5
58	Fournir les ressources nécessaires pour les études de fiabilité.	Les données techniques nécessaires aux études de fiabilité sont-elles accessibles? Les outils nécessaires sont-ils disponibles? Le temps et le financement nécessaires sont-ils prévus?	8,3
59	Gérer en configuration les documents d'étude de fiabilité.	Les documents d'étude de fiabilité sont-ils gérés?	5,4
68	Identifier les risques liés à la Fiabilité chez les sous-contractants.	A-t-on identifié les risques liés à la fiabilité des produits chez les sous-contractants?	7,2
69	Intégrer la fiabilité dans la politique qualité de l'entreprise.	Le thème de la fiabilité est-il présent dans la politique qualité de l'entreprise?	7,4
76	Maîtriser les dispositifs de surveillance et de mesure, métrologie des appareils de mesure et moyens industriels.	Comment est assurée la maîtrise des dispositifs de surveillance et de mesure, métrologie des appareils de mesure et moyens industriels?	7,8
85	Mesurer la fiabilité des produits en exploitation.	Des mesures de la fiabilité des produits en exploitation sont-ils bien pratiquées?	8
104	Nommer un responsable des études de fiabilité.	A-t-on nommé un responsable des études de fiabilité?	8,5
105	Organiser des réunions périodiques avec le sous-contractant sur la fiabilité.	Des réunions périodiques avec le sous-contractant sur la fiabilité sont-elles organisées?	5,7

Numéro	Recommandation	Question	Poids
108	Planifier le déroulement des tâches en incorporant celles relatives à la fiabilité.	Les tâches relatives à la fiabilité sont-elles prises en compte dans les plannings affaires?	6,3
109	Planifier le processus de communication avec le sous-contractant.	Les tâches relatives à la fiabilité sont-elles prises en compte dans les plannings affaires?	4,1
110	Planifier les activités de fiabilité dont la croissance de fiabilité.	Les activités de fiabilité dont la croissance de fiabilité, sont-elles organisées?	9,1
111	Planifier les études de fiabilité.	Les études de fiabilité, sont-elles planifiées?	7,3
118	Préserver la fiabilité du produit en production.	Prend-on des mesures pour préserver la fiabilité du produit en production?	8,1
119	Prévoir des consultations périodiques des donneurs d'ordre liées aux aspects fiabilité.	Y a-t-il des consultations périodiques de prévues avec les clients pour les aspects fiabilité?	7,3
142	Sélectionner les composants utilisés.	Sélectionne-t-on les composants utilisés par rapport à des critères de fiabilité?	12,9
143	Sélectionner les fournisseurs de composants.	Sélectionne-t-on les fournisseurs de composants par rapport à des critères de fiabilité?	10,8
146	Suivre et maîtriser les actions correctives du sous-contractant liées à la fiabilité des produits.	Suit-on les actions correctives du sous-contractant liées à la fiabilité?	7,2
148	Traiter l'aspect fiabilité en revue de direction.	Traite-t-on l'aspect fiabilité en revue de direction?	5,6
149	Traiter les anomalies avec une Logique de Traitement des Incidents et d'Action Corrective	Quel processus est mis en œuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?	8,3
151	Utiliser des méthodes statistiques adaptées à l'exploitation du retour d'expérience.	Utilise-t-on des méthodes statistiques adaptées à l'exploitation du retour d'exploitation?	6
152	Valider le référentiel de management de la Fiabilité du sous-contractant.	Valide-t-on le référentiel de management de la fiabilité du sous-contractant?	7,7

## Durcissement

Numéro	Recommandation	Question	Poids
156	Assurer la complétude des spécifications d'environnements.	Comment est assurée la complétude des spécifications d'environnement?	4
157	Assurer la formation et gérer le maintien des compétences pour la mise en œuvre et la maintenance du produit	Les utilisateurs (emploi et maintenance) ont ils reçu une formation sur le produit? Cette formation est elle renouvelée et actualisée selon besoin?	7
158	Assurer le respect des procédures propres au produit et des règles propres aux métiers par un système de suivi adéquat	Des moyens de contrôles (processus, moyens d'enregistrement) permettent ils au fournisseur de s'assurer que les règles d'utilisation du produit sont bien respectées par les utilisateurs?	7
159	Concevoir des dispositifs de protection électrique sûrs de fonctionnement	Comment sont conçu les dispositifs de protection électrique?	4
160	Etudier et traiter les risques de détérioration du produit en test par les pannes de ses moyens de test ou de maintenance.	Les risques de détérioration du produit en test par les pannes de son moyen de test sont ils traités pris en compte?	4
161	Identifier et traiter par les moyens de prévention adéquats les agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisibles	Les agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisibles ont elles été prises en compte?	4
162	Identifier et traiter, par les moyens de prévention adéquats, les utilisations anormales raisonnablement prévisibles	Les utilisations anormales raisonnablement prévisibles ont elles été prises en compte?	4
163	Intégrer les environnements de production, de stockage et de maintenance dans les spécifications d'environnement du produit	Comment sont pris en compte les environnements de production, de stockage et de maintenance dans la spécification d'environnement du produit?	4
164	Justifier du respect des spécifications d'environnements	Comment est justifié le respect des spécifications d'environnements?	4
165	Mener un processus d'amélioration du produit (par exemple: essais aggravés) afin de limiter la sensibilité du produit aux contraintes environnementales (perturbations, environnements, overstress)	Existe-t-il un processus d'amélioration du produit pour construire sa robustesse et accélérer sa maturité?	7
166	Réaliser une analyse des cas de panne pouvant donner lieu à une propagation de panne	Les possibilités de propagation de panne font elles l'objet d'une analyse?	4
167	Réaliser une analyse process des opérations de mise en œuvre et de maintenance	Comment sont analysés les risques d'erreur dans la réalisation des opérations de mise en oeuvre et de maintenance?	4
168	Réaliser une revue des opérations de maintenance par l'utilisateur final et traiter ses recommandations	Une revue des opérations de maintenance par l'utilisateur est-elle organisée?	4

Numéro	Recommandation	Question	Poids
169	Rédiger des procédures complètes pour l'ensemble des opérations de mises en œuvre et de maintenance du produit	Existe-t-il une documentation qui décrive l'ensemble des opérations de mise en oeuvre et de maintenances du produit?	7
170	Respect d'une norme concernant les alimentations (norme qui définit les perturbations possibles et les variations possibles type EN2282). Le respect doit être assuré aussi bien au niveau génération électrique qu'au niveau consommation électrique	Une norme concernant les alimentations électriques est elle applicable au produit et au système qui l'entoure? Comment est elle appliquée?	4
171	Respect d'une norme concernant les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées: Par respecté, il faut entendre à la fois par le produit et par le système dans lequel il est intégré	Une norme concernant les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées est elle applicable au produit et au système qui l'entoure? Comment est elle appliquée?	3

## **Fiches détaillées des recommandations**

<p><b>Recommandation</b> Affecter les ressources en terme de personnel et moyens aux études de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 1</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 10,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Un financement est affecté au responsable fiabilité de l'affaire. Celui-ci fait l'objet d'un poste séparé (niveau comptable) de la conduite d'affaire. Le personnel et les moyens nécessaires à la bonne tenue des études de Fiabilité sont mis à disposition du responsable de fiabilité du produit.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un poste de financement pour les études de fiabilité? Les moyens et personnels nécessaires sont-ils identifiés?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune ressource spécifique n'est allouée aux études de fiabilité: intégrées avec d'autres études ou allocation spécifique non formalisée.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les ressources allouées aux études de fiabilité sont identifiées au niveau de la gestion de l'affaire et formalisées dans un document.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les ressources allouées aux études de fiabilité sont identifiées au niveau de la gestion de l'affaire et formalisées dans un plan validé.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les ressources allouées aux études de fiabilité sont identifiées au niveau de la gestion de l'affaire et formalisées dans un plan validé. Une preuve de la disponibilité réelle des ressources est établie.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Allouer les exigences de fiabilité aux sous-ensembles.</p>	<p><b>N°</b> 2</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> SPECIFICATION .....</p>	<p><b>Poids</b> 10,4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Le métier sûreté de fonctionnement (fiabilité) participe à l'allocation des exigences aux sous-ensembles.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les exigences globales de fiabilité sont-elles allouées aux sous-ensembles? Quelle méthode d'allocation a été utilisée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas ou n'existera pas d'allocation des exigences de fiabilité aux sous-ensembles.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité ont défini, (ou participé) à l'allocation des exigences de fiabilité aux sous-ensembles. Aucun document validé n'atteste de cette allocation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité ont défini ou participé à l'allocation des exigences de fiabilité aux sous-ensembles. Des documents validés attestent de cette participation.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité ont défini ou participé à l'allocation des exigences de fiabilité aux sous-ensembles. Des documents validés attestent de cette participation. Cette allocation est basée sur des données antérieures portant sur des matériels similaires (technologie, environnement d'utilisation).</p>	



<p><b>Recommandation</b> Allouer les infrastructures nécessaires au déroulement correct des opérations de production.</p>	<p><b>N°</b> 3</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....</p>	<p><b>Poids</b> 7,4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Allouer les infrastructures nécessaires aux opérations de production et d'intégration pour obtenir le niveau de fiabilité prévu par les études de fiabilité lors de la conception du produit (pas de dégradation de la fiabilité durant ces phases). Réaliser l'AMDEC Processus. Exemples: mise à disposition de réseaux d'énergie adaptés, de salles blanches, de bâtiments ergonomiques, application des méthodes 5S. L'amélioration de l'environnement peut consister à: Augmenter les surfaces (manipulations plus aisées), Améliorer l'éclairage, Réduire la fatigue des opérateurs, Imposer des normes de rangements et de propreté, Améliorer la qualité des outils, Sensibiliser le personnel à la fiabilité.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les conclusions des études de fiabilité en terme d'infrastructures nécessaires en production et intégration sont-elles prises en compte?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune évaluation de l'impact n'a été menée, pas de dispositif spécifique pour protéger les produits.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Quelques dispositifs de protection des produits sont mis en place (local de stockage) sensibilisation partielle du personnel.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les ateliers sont équipés de structures permettant de se protéger des risques de dégradation matériel par des infrastructures inadaptées (exemple: décharges électrostatiques), le personnel a été formé à leur utilisation.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les ateliers sont équipés de structures permettant de se protéger des risques de dégradation matériel par des infrastructures inadaptées (exemple: décharges électrostatiques), le personnel a été formé à leur utilisation. Des études formelles dont le but est la préservation du produit en production ont été menées (ex. AMDEC Processus).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Améliorer en permanence l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise.</p>	<p><b>N°</b> 4</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 6,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en place des indicateurs d'ingénierie Fiabilité. Fixer des objectifs d'amélioration de l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise; Auditer l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise (faire suivre aux fiabiliste des formations de perfectionnement, communiquer dans les congrès de fiabilité).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il des objectifs d'amélioration de l'ingénierie fiabilité dans l'entreprise? Y a-t-il des indicateurs relatifs au positionnement par rapport à ces objectifs?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun indicateur sur l'ingénierie Fiabilité n'est mis en place. Aucune action métier Fiabilité n'est réalisée.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Aucun indicateur sur l'ingénierie Fiabilité n'est mis en place, le système de référence de l'entreprise inclus des documents liés à l'ingénierie de Fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Quelques indicateurs sont mis en place (tenue des performances, performances des méthodes prévisionnelles), le système de référence de l'entreprise inclus des documents liés à l'ingénierie de Fiabilité. Directives régulièrement remises à jour.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des indicateurs d'ingénierie Fiabilité sont mis en place. Le système de référence de l'entreprise inclus des documents liés à l'ingénierie de Fiabilité: Directives et guides régulièrement remis à jour. Des objectifs d'amélioration de l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise sont fixés ; l'ingénierie Fiabilité de l'entreprise est audité régulièrement (formations de perfectionnement du personnel, communications dans les congrès de fiabilité).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Améliorer le test final du produit vu en conception et spécification pour augmenter la couverture de test et faire un bilan des tests.</p>	<p><b>N°</b> 5</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1471 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 383 1471 416">6,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 416 1471 450">6,6</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,6	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,6
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,6						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,6						
<p><b>Description complémentaire</b> Le test final du produit et plus particulièrement le niveau de couverture atteint par ce test doit être étudié et défini par rapport à la Spécification et à la Conception du produit. Ce test doit vérifier le produit selon les procédures du Manuel de Testabilité Système en: - Orientant vers un traitement en cas de non-conformité, - Consignant et enregistrant les résultats pour le suivi des tests.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un test final du produit? Des non-conformités des résultats de test donnent-ils lieu à traitement: au niveau du produit; au niveau du processus? Y a-t-il enregistrement des résultats de test?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucune révision du taux de la couverture de test prédéfinie n'est effectuée.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un bilan des tests du produit peut être effectué dans un objectif de révision et d'amélioration du taux de couverture prédéfini. Cependant, aucun document ne décrit formellement d'actions s'y rapportant.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Les tests finaux du produit sont régulièrement revus même après la spécification et la conception. L'objectif est d'augmenter la couverture de test prédéfinie. Des documents décrivent la procédure à adopter.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Les tests finaux du produit sont régulièrement revus même après la spécification et la conception. L'objectif est d'augmenter la couverture de test prédéfinie. Des documents décrivent la procédure à adopter. Ceux ci ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Assurer la complétude des renseignements sur les sous-ensembles pour établir (compléter) les Manuels de Test sous-ensembles.</p>	<p><b>N°</b> 6</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>CONCEPTION ..... 7,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Disposer des données techniques des sous-ensembles dans un but de mise au point du test production.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce que les données techniques des sous-ensembles sont disponibles pour la mise au point du test production?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de donnée technique des sous-ensembles relative au test.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence de données non validées et partiellement utilisables.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence de données validées et partiellement utilisables pour tous les sous-ensembles.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Données existantes complètes, validées et utilisables pour tous les sous-ensembles.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer la mise en oeuvre des actions correctives.</p>	<p><b>N°</b> 7</p>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1476 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 347 1356 380">CONCEPTION .....</td> <td data-bbox="1356 347 1476 380">6,7</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 414">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 380 1476 414">15,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 414 1356 448">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 414 1476 448">15,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 448 1356 481">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 448 1476 481">15,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 481 1356 515">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 481 1476 515">17,5</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	CONCEPTION .....	6,7	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	15,4	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	15,4	INTEGRATION SYSTEME.....	15,4	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	17,5
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>												
CONCEPTION .....	6,7												
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	15,4												
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	15,4												
INTEGRATION SYSTEME.....	15,4												
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	17,5												
<p><b>Description complémentaire</b> Les procédures relatives aux actions correctives comprennent:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le traitement effectif des réclamations du donneur d'ordre et des rapports de non-conformité du produit,</li> <li>- La recherche des causes de non-conformité relatives au produit, au processus et au système qualité ainsi que l'enregistrement des résultats de cette recherche,</li> <li>- La détermination des actions correctives nécessaires pour éliminer les causes de non-conformité,</li> <li>- L'application de tous les moyens pour mesurer l'efficacité de l'action corrective.</li> </ul>													
<p><b>Question de l'audit</b> Quel processus est mis en oeuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?</p>													
<p><b>Niveau 1</b> Il n'y a pas de procédures relatives aux actions correctives.</p>													
<p><b>Niveau 2</b> Des actions correctives sont mises en oeuvre sur réclamation du donneur d'ordre ou rapport de non-conformité, mais celles-ci ne sont pas formalisées.</p>													
<p><b>Niveau 3</b> Les procédures relatives aux actions correctives comprennent au moins: Le traitement effectif des réclamations du donneur d'ordre et des rapports de non-conformité du produit, La recherche des causes de non-conformité relatives au produit, au processus et au système qualité ainsi que l'enregistrement des résultats de cette recherche, La détermination des actions correctives nécessaires pour éliminer les causes de non-conformité, Ces procédures ne définissent pas l'application des moyens de maîtrise pour assurer que l'action corrective est mise en oeuvre et qu'elle produit l'effet escompté.</p>													
<p><b>Niveau 4</b> Les procédures relatives aux actions correctives comprennent: Le traitement effectif des réclamations du donneur d'ordre et des rapports de non-conformité du produit, La recherche des causes de non-conformité relatives au produit, au processus et au système qualité ainsi que l'enregistrement des résultats de cette recherche, La détermination des actions correctives nécessaires pour éliminer les causes de non-conformité, L'application des moyens de maîtrise pour assurer que l'action corrective est mise en oeuvre et qu'elle produit l'effet escompté.</p>													

<b>Recommandation</b> Assurer la mise en oeuvre des actions préventives.	<b>N°</b> 8
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	6,8
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	15,6
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	15,6
INTEGRATION SYSTEME.....	15,6
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	17,7
<b>Description complémentaire</b> Les procédures relatives aux actions préventives comprennent: - L'utilisation des sources d'informations appropriées telles que processus et opérations affectant la qualité du produit, dérogations, résultats d'audits, enregistrements relatifs à la qualité, rapports de maintenance et réclamations des donneurs d'ordre, de manière à détecter, analyser et éliminer les causes potentielles de non-conformités, - La détermination des étapes appropriées pour traiter tout problème nécessitant une action préventive, - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise pour assurer qu'elles produisent l'effet escompté, - L'assurance qu'une information pertinente relative aux actions mises en oeuvre est soumise à la revue de direction.	
<b>Question de l'audit</b> Les procédures relatives aux actions préventives comprennent-elles: - L'utilisation des sources d'informations appropriées? - La détermination des étapes appropriées? - Le déclenchement d'actions préventives et l'application de moyens de maîtrise? - Une revue de direction des actions préventives?	
<b>Niveau 1</b> Aucune procédure relative aux actions préventives n'est mise en oeuvre.	
<b>Niveau 2</b> Les procédures relatives aux actions préventives existent mais sont incomplètes.	
<b>Niveau 3</b> Les procédures relatives aux actions préventives existent et sont presque complètes au regard des critères cités (possible non-conformités mineures dans l'application ou la satisfaction des critères).	
<b>Niveau 4</b> Les procédures relatives aux actions préventives existent, sont formalisées et sont complètes au regard des critères cités.	

<p><b>Recommandation</b> Assurer la traçabilité du produit.</p>	<p><b>N°</b> 9</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1474 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 347 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 347 1474 380">16,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 414">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1474 414">16,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 414 1356 488">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 414 1474 488">9,2</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	16,5	INTEGRATION SYSTEME.....	16,5	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	9,2
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	16,5								
INTEGRATION SYSTEME.....	16,5								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	9,2								
<p><b>Description complémentaire</b> Lorsque la traçabilité est exigée, le système mis en oeuvre doit permettre de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- maintenir l'identification du produit pendant la durée du cycle de vie,</li> <li>- connaître l'historique (dossier de définition + évolutions) ainsi que la destination (livraisons, rebut) de tous les produits fabriqués à partir d'un même lot de matière première ou issus d'un même lot de fabrication,</li> <li>- retrouver l'identité des éléments constitutifs d'un ensemble et celle de l'ensemble supérieur,</li> <li>- retrouver la documentation séquentielle sur la production (fabrication, montage, contrôle) d'un produit donné (ex.: fiche suiveuse de configuration avec enregistrement des opérations effectuées et anomalies observées).</li> </ul> <p>Le système de traçabilité doit permettre de connaître la configuration du produit prêt à être livré, y compris les écarts entre l'état réel et l'état convenu.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la traçabilité du produit?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Pas de traçabilité du produit au cours de son cycle de vie, le produit est distingué uniquement par son marquage.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Une traçabilité permet d'identifier le produit mais ne permet pas de connaître sa provenance et son historique.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Une traçabilité permet d'identifier et de connaître l'historique du produit (Dossier de définition +évolutions). Elle ne permet cependant pas de connaître la documentation associée (ex: pas de fiche suiveuse de configuration avec enregistrement des opérations effectuées et anomalies observées) à son cycle de vie.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Une traçabilité permet d'identifier et de connaître l'historique du produit (Dossier de définition +évolutions), y compris les composants ex: Date Code... Elle permet de connaître la documentation associée à son cycle de vie (ex: fiche suiveuse de configuration avec enregistrement des opérations effectuées et anomalies observées). Application exhaustive de la recommandation.</p>									

<p><b>Recommandation</b> Assurer le conditionnement.</p>	<p><b>N°</b> 10</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 304 1356 344"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 304 1474 344"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 344 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 344 1474 380">12,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 416">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1474 416">12,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 452">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 452">13,8</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	12,3	INTEGRATION SYSTEME.....	12,3	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,8
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	12,3								
INTEGRATION SYSTEME.....	12,3								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,8								
<p><b>Description complémentaire</b>                  Les processus d'emballage, de conditionnement, et de marquage doivent être maîtrisés pour assurer la conformité aux exigences spécifiées.                  Définir une liste des matériels nécessitant un conditionnement.                  Proposer un mode de gestion des conditionnements spécifiques par produit (dates, modes, durée).                  Contrôler périodiquement la qualité des conditionnements.                  Utiliser des conditionnements appropriés et spécifiques aux produits.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b>                  Est-ce que le fournisseur maîtrise les processus d'emballage, de conditionnement, et de marquage pour assurer la conformité aux exigences spécifiées? Y a-t-il une liste des matériels nécessitant un conditionnement?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Le conditionnement des produits n'est pas défini, les matériaux utilisés pour ce conditionnement le sont en fonction de leur disponibilité.                  Les renseignements sur les dates de conditionnement, les modes de gestion, les contrôles à effectuer ne sont pas renseignés.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Un conditionnement standard pour les produits est utilisé.                  Des informations sur le conditionnement sont renseignées.                  Pas de contrôle spécifique des conditionnements.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Un conditionnement spécifique du produit est prévu, des documentations y sont associées.                  Pas de contrôle spécifique des conditionnements.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Un conditionnement spécifique du produit est prévu, des documentations y sont associées.                  Un contrôle spécifique régulier des conditionnements est prévu.                  Une procédure vérifie régulièrement l'application des contrôles périodiques.</p>									



<p><b>Recommandation</b> Assurer le stockage.</p>	<p><b>N°</b> 11</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1474 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 347 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 347 1474 380">10,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 414">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1474 414">10,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 414 1356 488">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 414 1474 488">15,6</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,8	INTEGRATION SYSTEME.....	10,8	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	15,6
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,8								
INTEGRATION SYSTEME.....	10,8								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	15,6								
<p><b>Description complémentaire</b> Des aires ou des locaux de stockage désignés doivent être utilisés afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration du produit. Des mesures appropriées sont prises pour autoriser la réception dans ces aires et l'expédition à partir de celles-ci. L'état du produit en stock doit être évalué à intervalles appropriés afin de détecter toute détérioration. Gérer et contrôler les atmosphères en stockage. Individualiser les positionnements en stockage. Gérer les interventions périodiques permettant de conserver les caractéristiques du produit en stockage (mise sous tension).</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il des aires ou des locaux de stockage désignés? Sont-ils utilisés afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration du produit? Des mesures appropriées sont-elles prises pour autoriser la réception et l'expédition dans ces aires?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Les aires de stockages des produits ne sont pas spécifiques, l'environnement du stockage n'est pas pris en compte.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Les aires de stockages des produits ne sont pas spécifiques, l'environnement du stockage est maîtrisé et adapté aux produits stockés.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les aires de stockages des produits sont spécifiques. L'environnement du stockage est maîtrisé et adapté aux produits stockés. Les positions de stockages sont individualisées. Les interventions périodiques permettant de conserver les caractéristiques du produit sont effectuées.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Les aires de stockages des produits sont spécifiques. L'environnement du stockage est maîtrisé et adapté aux produits stockés. Les positions de stockages sont individualisées. Les interventions périodiques permettant de conserver les caractéristiques du produit sont effectuées. L'état des produits en stock est régulièrement contrôlé, le stock est vérifié et les conditions de stockage sont régulièrement optimisées.</p>									

<b>Recommandation</b> Assurer les conditions de livraison.	<b>N°</b> 12
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	17,5
INTEGRATION SYSTEME.....	17,5
<b>Description complémentaire</b>	
<p>Le fournisseur doit prendre des dispositions pour la protection de la qualité du produit après les contrôles et essais finaux. Lorsque cela est spécifié contractuellement, cette protection est-elle étendue pour inclure la livraison à destination.</p> <p>Le fournisseur s'assure au moment de la livraison de la présence de la documentation d'accompagnement relative au produit telle que spécifiée à la commande et qu'elle soit protégée contre la perte et la détérioration.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Est-ce que le fournisseur prend des dispositions pour le maintien de la qualité du produit après les contrôles et essais finaux? Lorsque cela est spécifié contractuellement, ce maintien est-il étendu pour inclure la livraison à destination?	
<b>Niveau 1</b>	Les protections d'usages des produits lors de la livraison ne sont pas mises en oeuvre.
<b>Niveau 2</b>	Des protections de la qualité du produit lors de la livraison au donneur d'ordre sont mises en oeuvre. Le fournisseur ne s'assure pas de la présence des documents d'accompagnement.
<b>Niveau 3</b>	Des protections de la qualité du produit lors de la livraison au donneur d'ordre sont mises en oeuvre. Le fournisseur s'assure de la présence des documents d'accompagnement, mais ne les protège pas contre perte et la détérioration.
<b>Niveau 4</b>	Le fournisseur prend des dispositions pour la protection de la qualité du produit lors de la livraison à destination. Il s'assure de la présence de la documentation d'accompagnement relative au produit telle que spécifiée à la commande et qu'elle soit protégée contre la perte et la détérioration.

<b>Recommandation</b> Assurer les contrôles et essais au cours de la phase.	<b>N°</b> 13
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,2
INTEGRATION SYSTEME.....	7,2
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,2
<b>Description complémentaire</b>	
<p>Au cours de la phase le produit doit être contrôlé et doit faire l'objet d'essais conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites. Le produit doit rester bloqué jusqu'à ce que les contrôles et les essais requis soient terminés ou que les rapports nécessaires soient reçus et vérifiés.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il un risque qu'un produit n'ayant pas satisfait aux contrôles et essais prévus au cours d'une phase passe à la phase suivante sans action corrective?	
<b>Niveau 1</b> Pas de contrôle ou d'essais au cours de la phase.	
<b>Niveau 2</b> Des contrôles sont effectués au cours de la phase, mais ceux-ci ne sont pas formalisés sous forme de procédures écrites ou de plan qualité.	
<b>Niveau 3</b> Des contrôles sont effectués au cours de la phase, ils sont formalisés sous forme de procédures écrites ou de plan qualité. La complétude de ces contrôles et essais n'est pas toujours effective.	
<b>Niveau 4</b> Des contrôles sont effectués au cours de la phase, ils sont formalisés sous forme de procédures écrites ou de plan qualité. La complétude de ces contrôles et essais est effective.	

<p><b>Recommandation</b> Assurer les contrôles et essais finaux.</p>	<p><b>N°</b> 14</p>								
<table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th style="text-align: right;"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">7,9</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td style="text-align: right;">7,9</td> </tr> <tr> <td>EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td style="text-align: right;">10,4</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,9	INTEGRATION SYSTEME.....	7,9	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	10,4
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,9								
INTEGRATION SYSTEME.....	7,9								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	10,4								
<p><b>Description complémentaire</b> Effectuer tous les contrôles et essais finaux conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites.</p> <p>Le plan qualité et/ou les procédures pour les contrôles et essais finaux doit exiger que tous les contrôles et essais spécifiés, y compris ceux définis à la réception du produit, soient effectués et que les résultats soient conformes aux exigences. S'assurer avant l'expédition que: Toutes les activités spécifiées dans le plan qualité et/ou dans les procédures écrites ont été accomplies de façon satisfaisante, Les données et la documentation associées sont disponibles et acceptées.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce que tous les contrôles et essais finaux ont été réalisés conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Pas de contrôle ou d'essais finaux.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Des contrôles et essais finaux sont réalisés, mais ceux-ci ne sont pas décrits dans des procédures strictes ou dans un plan qualité.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Des contrôles et essais finaux sont réalisés, Ils sont décrits dans des procédures strictes ou dans un plan qualité. L'application de ces contrôles et essais n'est pas vérifiée et validée.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Des contrôles et essais finaux sont réalisés conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites. Le plan qualité et/ou les procédures pour les contrôles et essais finaux exigent que tous les contrôles et essais spécifiés, y compris ceux spécifiés à la réception du produit ou pendant sa réalisation, soient effectués et que les résultats soient conformes aux exigences. On s'assure avant l'expédition que: Toutes les activités spécifiées dans le plan qualité et/ou dans les procédures écrites ont été accomplies de façon satisfaisante, Les données et la documentation associées sont disponibles (document du type fiche suiveuse qui enregistre la configuration, les opérations effectuées et les anomalies observées) et acceptées.</p>									

<b>Recommandation</b> Assurer les contrôles et essais propres à la réception.	<b>N°</b> 15
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,7
INTEGRATION SYSTEME.....	6,7
<b>Description complémentaire</b>	
<p>S'assurer que le produit entrant n'est ni utilisé, ni mis en oeuvre tant qu'il n'a pas été contrôlé ou tant que sa conformité aux exigences spécifiées n'a pas été vérifiée d'une autre manière.</p> <p>La vérification de la conformité aux exigences spécifiées doit être effectuée conformément au plan qualité et/ou aux procédures écrites.</p> <p>Les contrôles effectués dans les locaux des sous-contractants et les preuves de conformité fournies doivent être pris en compte pour la détermination de l'importance et de la nature des contrôles à effectuer à la réception.</p> <p>Lorsque pour des raisons d'urgence, le produit entrant est libéré avant d'être vérifié, celui-ci doit être identifié et cette libération enregistrée.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Est-ce qu'un produit entrant est soumis aux contrôles et essais adaptés avant utilisation?	
<b>Niveau 1</b> Pas de contrôle ou d'essais à la réception.	
<b>Niveau 2</b> Des contrôles ou essais sont effectués à la réception, mais aucune procédure spécifique à ces actions n'est décrite.	
<b>Niveau 3</b> La vérification de la conformité aux exigences spécifiées est effectuée conformément à un plan qualité et/ou à des procédures écrites. Il n'y a pas de suivi des produits entrés sans contrôles en cas d'urgence.	
<b>Niveau 4</b> La vérification de la conformité aux exigences spécifiées est effectuée conformément à un plan qualité et/ou à des procédures écrites.	
<p>Les contrôles effectués dans les locaux des sous-contractants et les preuves de conformité fournies sont pris en compte pour la détermination de l'importance et de la nature des contrôles à effectuer à la réception.</p> <p>Lorsque, pour des raisons d'urgence, le produit entrant est libéré avant d'être vérifié, il est identifié et cette libération enregistrée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer l'intervention à chaque étape d'un responsable soutien logistique, industrialisation, achat, développeur et FMDS (ingénierie simultanée)</p>	<p><b>N°</b> 16</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>CONCEPTION ..... 16,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Assurer l'intervention à chaque étape d'un responsable soutien logistique industrialisation, achat, développeur et FMDS. S'assurer que le référentiel utilisé impose l'ingénierie simultanée: L'organisation de l'entreprise s'appuie sur des spécialistes permanents de la fonction.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Le point de vue des différentes disciplines intervenant dans l'ingénierie est-il pris en compte?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Le référentiel n'impose pas l'ingénierie simultanée.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence d'une instruction globale ne précisant pas les modalités. Pas d'organisation formelle.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence d'une procédure imposant l'ingénierie simultanée mais non adaptée à l'organisation de l'entreprise: les postes responsable soutien logistique, industrialisation, achat, développeur et FMDS sont alloués indépendamment de leurs métiers.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence d'une procédure imposant l'ingénierie simultanée. L'organisation de l'entreprise s'appuie sur des spécialistes permanents de la fonction.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer un monitoring des paramètres de contrôle durant l'activité de vernissage.</p>	<p><b>N°</b> 17</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....9,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> L'activité de vernissage des sous-ensembles, qui doit conduire à une immunité face à un certain nombre de stress pouvant dé-fiabiliser le sous-ensemble, doit s'effectuer avec un contrôle permanent portant notamment sur la surveillance des principaux paramètres que sont: - Le taux d'humidité, - La température, - La qualité des constituants du vernis, - L'épaisseur du dépôt de vernis. Par ailleurs, la viscosité du vernis doit être contrôlée au moins quotidiennement.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un monitoring des paramètres de contrôle durant l'activité de vernissage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun des paramètres de contrôle n'est surveillé durant l'activité de vernissage.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> L'activité de vernissage est monitorée par la surveillance d'un certain nombre des paramètres cités à la fréquence citée, mais ceux ci ne font pas l'objet d'un suivi formel documenté ou n'ont pas fait l'objet d'une étude indiquant leur criticité pour la fiabilité du sous-ensemble.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> L'activité de vernissage est monitorée par la surveillance de tous les paramètres cités à la fréquence citée. Ces paramètres sont suivis et sont issus d'une analyse critique de l'activité de vernissage par rapport à la fiabilité du sous-ensemble. Mais ce plan de criticité a été élaboré sans être validé par une autorité indépendante.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> L'activité de vernissage est monitorée par la surveillance de tous les paramètres cités à la fréquence citée. Ces paramètres sont suivis et sont issus d'une analyse critique de l'activité de vernissage par rapport à la fiabilité du sous-ensemble. Ce plan de criticité a été élaboré puis validé (paramètres suivis et mise en œuvre) par une autorité indépendante.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer une maintenance corrective dès apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits.</p>	<p><b>N°</b> 18</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... INTEGRATION EQUIPEMENT .....</p>	<p><b>Poids</b> 6,9 6,9</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Les procédures de maintenance relatives aux actions correctives en production doivent comprendre: - Le traitement effectif des réclamations et des rapports de non-conformité des sous-ensembles, - La recherche des causes de non-conformité relatives au processus ainsi que l'enregistrement des résultats de cette recherche, - La détermination des actions correctives nécessaires pour éliminer les causes de non-conformité, - L'application des moyens de maîtrise pour assurer que l'action corrective est mise en oeuvre et qu'elle produit l'effet escompté.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une maintenance corrective dès l'apparition d'une anomalie sur les moyens de production ou les sous-ensembles produits?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucune maintenance corrective suite à l'apparition d'une anomalie sur un moyen de production ou sur un sous-ensemble.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des actions correctives sont faites directement là où l'anomalie a été constatée sans qu'un plan de maintenance corrective ne soit mis en place.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> De réelles procédures de maintenance relative aux actions correctives sont mises en oeuvre, elles font l'objet d'une procédure de maintenance corrective formalisée mais non validée par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> De réelles procédures de maintenance relatives aux actions correctives sont mises en oeuvre, elles font l'objet d'une procédure de maintenance corrective formalisée qui a été validée par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	



<p><b>Recommandation</b> Assurer une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production.</p>	<p><b>N°</b> 19</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1358 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1358 338 1473 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1358 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1358 383 1473 416">4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1358 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1358 416 1473 450">4</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4						
<p><b>Description complémentaire</b> Suivant le plan de maintenance préventive défini et suite à sa réalisation, on a une correction par: recalage des références des moyens de production, remplacement des consommables, remplacement des pièces usagées et donc potentiellement défectives (sondes et outils de contrôle).</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Est-il prévu une maintenance préventive pour corriger les dérives des paramètres des moyens de production?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucune maintenance préventive pour corriger les dérives possibles des moyens de production.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Des actions préventives sont faites directement là où l'anomalie est susceptible d'être constatée sans qu'un plan de maintenance préventive formel ne soit mis en place.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> De réelles procédures de maintenance relative aux actions préventives sont mises en oeuvre, elles font l'objet d'un plan de maintenance préventive formalisé mais non validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> De réelles procédures de maintenance relatives aux actions préventives sont mises en oeuvre, elles font l'objet d'un plan de maintenance préventive formalisé qui a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Assurer une politique de maîtrise des risques associés aux non-conformités.</p>	<p><b>N°</b> 20</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> EXPLOITATION ET MAINTENANCE ..... 16,3</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités, non seulement sur les produits mais aussi sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc. Cette politique doit prendre en compte les risques potentiels associés aux facteurs humains.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce qu'il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités, sur les produits mais aussi sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'est pas appliqué de politique visant à évaluer les risques de non-conformité.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités uniquement sur les produits. Mais pas sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités, non seulement sur les produits mais aussi sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc. Cette politique ne prend pas en compte les risques potentiels associés aux facteurs humains.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Il est appliqué une politique visant à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels associés aux non-conformités, non seulement sur les produits mais aussi sur l'ensemble des procédés de conception, de planification, de fabrication, de montage, de contrôle, etc. Cette politique prend en compte les risques potentiels associés aux facteurs humains.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée.</p>	<p><b>N°</b> 21</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1358 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1358 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1358 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1358 383 1474 416">4,1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1358 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1358 416 1474 450">4,1</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,1	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,1
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,1						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,1						
<p><b>Description complémentaire</b> Moins lourde qu'une action de maintenance préventive planifiée, cette vérification est du ressort de l'utilisateur du moyen (fait partie de la formation de l'opérateur). Son but est d'assurer que l'opération s'effectuera correctement et qu'elle fournira le résultat attendu (par le bon logiciel chargé ou une configuration correcte). La fréquence des vérifications (à définir) peut être systématique avant chaque utilisation ou après un nombre défini de mise en oeuvre des moyens.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une vérification périodique des moyens de programmation afin que l'opération de chargement du logiciel soit correctement effectuée?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas de vérification périodique des moyens de programmation qui servent au chargement logiciel.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de vérifications des moyens de production sont effectuées. Ces vérifications sont succinctes et ne tiennent pas forcément compte de toutes les règles de chargement logiciel. Il n'y a pas de formalisation claire du déroulement ou des limites de ces vérifications.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Une planification des vérifications a fait l'objet d'une étude, cette planification est respectée et l'ensemble des points vérifiés (ainsi que la manière de procéder) fait l'objet d'un document écrit.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Une planification stricte des vérifications a fait l'objet d'une étude, cette planification est respectée et l'ensemble des points vérifiés (ainsi que la manière de procéder) fait l'objet d'un document écrit. Ce document a été réalisé en tenant compte de l'ensemble du processus de chargement logiciel et a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Auditer systématiquement les opérateurs de test finaux pour un suivi des compétences.	22
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,1
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,1
<b>Description complémentaire</b>	
Ce filtre permet de s'assurer que le dernier jalon de vérification qu'est le test final est effectué par un personnel compétent et surtout dont les compétences font l'objet d'un suivi garantissant la prise en considération des dernières exigences. L'audit assure d'un passage en revue de la maîtrise des procédures et points critiques par l'opérateur, pour une parfaite confiance dans le déroulement du test final.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il un audit systématique des compétences des opérateurs des tests finaux?	
<b>Niveau 1</b> Aucun audit assurant le suivi des compétences des opérateurs n'est réalisé.	
<b>Niveau 2</b> L'équivalent d'un audit assurant le suivi des compétences des opérateurs ayant pour fonction le test final du produit est réalisé mais ne fait pas l'objet d'une formalisation.	
<b>Niveau 3</b> Un audit assurant le suivi des compétences des opérateurs ayant pour fonction le test final du produit est réalisé et cet audit suit un formalisme identifié, même s'il n'a pas été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.	
<b>Niveau 4</b> Un audit assurant le suivi des compétences des opérateurs ayant pour fonction le test final du produit est réalisé et cet audit suit un formalisme identifié, Cet audit a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.	

<p><b>Recommandation</b> Automatiser les manipulations pour limiter les dégradations possibles sur les sous-ensembles.</p>	<p><b>N°</b> 23</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1353 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1353 338 1471 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1353 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1353 383 1471 416">6,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1353 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1353 416 1471 450">6,5</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,5	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,5
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,5						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,5						
<p><b>Description complémentaire</b> Il faut s'appliquer à avoir le minimum de manipulations des sous-ensembles durant la phase de production afin de limiter les risques de chocs mécaniques et autres overstress. De plus, l'automatisation des manipulations entre les activités durant l'ensemble de la production permet de s'affranchir d'un grand nombre de défaillances causées par l'intervention humaine. Cette recommandation reste applicable aux très petites séries.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> La production et la manipulation des sous-ensembles sont-elles automatisées?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucune manipulation des sous-ensembles n'est automatisée.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de manipulations des sous-ensembles a été automatisé.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Les manipulations des sous-ensembles sont automatisées. Le niveau d'automatisation a fait l'objet d'une étude de faisabilité et de résultat. L'ensemble est formalisé bien que l'étude n'est pas été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Les manipulations des sous-ensembles sont automatisées. Le niveau d'automatisation a fait l'objet d'une étude de faisabilité et de résultat. L'ensemble est formalisé et est validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Collecter les observations du donneur d'ordre relatives à la fiabilité du produit en fonctionnement opérationnel.</p>	<p><b>N°</b> 24</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Collecter auprès des donneurs d'ordre et utilisateurs du produit les informations relatives à sa fiabilité dans l'environnement opérationnel et mener les plans d'actions associés.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce qu'une collecte des observations du client relatives à la fiabilité du produit en fonctionnement opérationnel est prévue?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune information relative à la perception de la fiabilité du produit par le donneur d'ordre n'est disponible.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Quelques informations relatives à la perception de la fiabilité du produit par le donneur d'ordre sont disponibles.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des enquêtes de satisfaction du donneur d'ordre où l'aspect fiabilité est traité ont été menées.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des enquêtes de satisfaction du donneur d'ordre où l'aspect fiabilité est traité ont été menées, des plans d'actions visant à améliorer la fiabilité ont été mis en oeuvre, les résultats ont été constatés par le donneur d'ordre.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Contrôler et maintenir (par une mise à jour) les données chargées dans les moyens de production programmables.</p>	<p><b>N°</b>                  25</p>						
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 383 1474 416">2,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 450">2,8</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	2,8	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	2,8
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	2,8						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	2,8						
<p><b>Description complémentaire</b>                  Dans le cadre de l'automatisation des tâches, pour un déroulement fiable des activités il est indispensable de suivre spécifiquement et de maintenir (mise à jour) les références (coordonnées, numéros de lots, etc) chargées dans les outils de production.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les données chargées dans les moyens de production programmables sont-elles gérées?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucun contrôle du maintien des données de programmation au sein des moyens de production programmables.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un contrôle et/ou un maintien des paramètres chargés dans les moyens de production programmables est réalisé mais il n'existe pas de formalisation des actions à effectuer pour garantir ce maintien.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Un contrôle et un maintien des données programmées dans les moyens de production est effectué, suivant un formalisme identifié (document, procédures de contrôle, procédure de mise à jour).</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Un contrôle et un maintien des données programmées dans les moyens de production est effectué, suivant un formalisme identifié (document, procédures de contrôle, procédure de mise à jour). L'ensemble des documents a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b>                  Décrire complètement l'environnement dans lequel le produit va être utilisé et maintenu.</p>	<p><b>N°</b>                  26</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  SPECIFICATION .....</p>	<p><b>Poids</b>                  12,4</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Décrire l'environnement dans lequel le produit va être stocké, transporté, utilisé et maintenu.                  Décrire les valeurs quantitatives moyennes et maximales concernant les caractéristiques suivantes:                  Température,                  Humidité,                  Chocs,                  Vibrations,                  Pression,                  Pénétration/abrasion,                  Lumière ambiante,                  Position de montage,                  Temps (vent, pluie, neige),                  Niveau de qualification des opérateurs.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Y a-t-il une description et une caractérisation de l'environnement dans lequel le produit va être stocké, transporté, utilisé et maintenu ?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> L'environnement du produit n'est pas (ou pratiquement pas connu), aucune hypothèse formelle n'a été établie par l'industriel.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> L'environnement du produit est partiellement connu (les paramètres applicables définis dans la recommandation sont partiellement connus) mais aucun document ne reprend ces paramètres et hypothèses complémentaires.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> L'environnement du produit est partiellement connu (les paramètres applicables définis dans la recommandation sont partiellement connus) ces hypothèses complémentaires ont été faites par l'industriel et formalisées dans un document.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> L'environnement du produit est parfaitement connu (les paramètres applicables définis dans la recommandation sont connus. Un document reprend l'ensemble de ces paramètres.</p>	



<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Décrire le processus d'amélioration de la fiabilité du produit et les objectifs associés.	27
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	6,3
<b>Description complémentaire</b>	
Fixer annuellement des objectifs d'amélioration de l'ingénierie fiabilité de l'entreprise.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il des objectifs d'amélioration du processus de construction de la fiabilité du produit?	
<b>Niveau 1</b> Il n'y a pas de processus de construction de la fiabilité dans l'entreprise.	
<b>Niveau 2</b> Le processus de construction de la fiabilité est décrit.	
<b>Niveau 3</b> Le processus de construction de la fiabilité est décrit, des actions de progrès sont définies de façon informelles.	
<b>Niveau 4</b> Le processus de construction de la fiabilité est décrit, maintenu et appliqué complètement. Des objectifs annuels d'amélioration sont fixés, des plans d'actions définis, et un bilan des résultats obtenus est effectué.	

<p><b>Recommandation</b> Définir la défaillance du produit.</p>	<p><b>N°</b> 28</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> SPECIFICATION .....</p>	<p><b>Poids</b> 10,3</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Définir avec précision ce qui sera considéré comme une défaillance du produit (et les possibilités de modes dégradés acceptables).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Qu'est-ce qui est considéré comme une défaillance du produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune description de la défaillance du produit n'a été définie lors de l'appel d'offres (ou du contrat). Aucune liste des événements redoutés n'a été fournie par le donneur d'ordre. Aucun mode dégradé n'a été défini par le donneur d'ordre. L'industriel n'a pas défini ces éléments pour son étude.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> La description de la défaillance du produit et (ou) la liste des évènements redoutés, et (ou) les modes dégradés du produit ont été établis par l'industriel sans validation formelle du donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> La description de la défaillance du produit et (ou) la liste des évènements redoutés, et (ou) les modes dégradés du produit ont été établis par l'industriel avec validation formelle par le donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les défaillances du produit sont parfaitement identifiées par l'appel d'offres (ou le contrat). La liste des évènements redoutés a été fournie par l'appel d'offres (ou le contrat). Les modes dégradés sont également décrits dans l'appel d'offres (ou le contrat).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Définir la méthode de démonstration de la fiabilité du produit en phase opérationnelle.</p>	<p><b>N°</b> 29</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 9,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b></p> <p>Définir la méthode de démonstration de la fiabilité du produit (cette méthode doit être acceptée par le donneur d'ordre).          Décrire de façon claire la méthode retenue pour démontrer la conformité du produit à la fiabilité spécifiée notamment la prise en compte du profil de vie réel, le traitement de la période de jeunesse, le niveau de confiance utilisée pour la mesure (ex &gt; limite haute à 60%), les pannes imputables à la fiabilité. Peuvent être imputables, par exemple, parmi la classification suivante de l'origine des faits techniques, les classes C, E, F, V1.          C: Défaillance aléatoire d'un composant / E: Etude incomplète (ou défaut de conception) / F: Fabrication hors standard (ou défaut de production) / M: Manipulation trop sévère (ou non-respect de la documentation utilisateur et maintenance) / O: Contrôle spécifique (vérification de bon fonctionnement) / P: Maintenance préventive / R: Application d'un rétrofit / S: Conséquence d'une autre défaillance (ou défaillance secondaire) / V: Vieillessement du matériel (1 Usure non prévue, 2 limites de vie dépassée) / X: Utilisation hors spécifications / Y: Faits techniques anormal (ou anomalie non confirmée) / ?: Origine ou cause indéterminée.          Méthode de mesure : ex. Nb heures de vol / Nb pannes imputables. D'une façon générale la conformité à une exigence peut se vérifier par l'une des quatre méthodes ci-après en fonction de sa nature :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Inspection (I) : Vérification visuelle ou dimensionnelle des constituants du produit. La vérification repose sur les sens humains (vue, toucher) ou utilise des méthodes simples de mesure et de manipulation. Aucun stimulus n'est nécessaire. Des moyens passifs tels que mètre, microscope, jauge, etc. peuvent être utilisés.</li> <li>· Analyse (A) : Vérification s'appuyant sur des preuves analytiques obtenues par calcul, sans aucune intervention sur des constituants du produit. Les techniques employées sont la modélisation, la simulation et la prédiction. Ex: calcul prévisionnel de fiabilité.</li> <li>· Démonstration (D) : Vérification des caractéristiques observables sur les constituants du produit en fonctionnement, sans faire appel à des mesures physiques. Exemples : démonstration d'une séquence de démarrage, du fonctionnement d'une chaîne de sécurité, du fonctionnement d'un dispositif de test intégré, etc.</li> <li>· Test (T) : Vérification des caractéristiques mesurables, accessibles directement ou indirectement. Des équipements de tests standards ou spécifiques sont habituellement requis. Ex: mesure de fiabilité opérationnelle.</li> </ul>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment envisage-t-on la démonstration de la fiabilité du produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> L'environnement du produit n'est pas (ou pratiquement pas connu), aucune hypothèse formelle n'a été établie par l'industriel.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une demande de démonstration de la fiabilité est demandée sans précision de la méthode de mesure dans l'appel d'offre (ou du contrat).</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une demande de démonstration est demandée dans l'appel d'offre (ou du contrat), la description de la méthode à employer ne correspond que partiellement à la recommandation.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La méthode de démonstration de la fiabilité du produit est parfaitement définie dans l'appel d'offre ou le contrat (selon le contenu de la recommandation).</p>	

<b>Recommandation</b> Définir le degré de non-conformité.	<b>N°</b> 30
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,3
INTEGRATION SYSTEME.....	10,3
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	12,8
<b>Description complémentaire</b>	
<p>La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est enregistrée pour indiquer l'état réel du produit.</p> <p>Des procédures écrites sont-elles tenues à jour définissant au minimum:</p> <p>Le processus de classification des non-conformités et la maîtrise de l'utilisation des composants non conformes dans les produits finis,</p> <p>Le processus formel d'autorisation et le domaine d'application pour le personnel autorisant l'emploi de matériaux de remplacement et/ou de produits non conformes (procédures de dérogation),</p> <p>Le processus pour la maîtrise des pièces rebutées.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est-elle enregistrée pour indiquer l'état réel du produit?	
<b>Niveau 1</b> Il n'est pas prévu d'indication du degré de non-conformité du produit.	
<b>Niveau 2</b> L'indication du degré de non-conformité des produits n'est mise en oeuvre qu'à titre indicatif, elle n'a pas pour objet la décision quant à l'emploi de matériel non conforme.	
<b>Niveau 3</b> La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est enregistrée pour indiquer l'état réel du produit. Des procédures écrites définissent le processus de classification des non-conformités et la maîtrise de l'utilisation des composants non conformes dans les produits finis. Le processus d'autorisation pour le personnel à utiliser des matériaux de remplacement et/ou des produits non conformes n'est pas formalisé.	
<b>Niveau 4</b> La description de la non-conformité acceptée ou des réparations effectuées est enregistrée pour indiquer l'état réel du produit. Des procédures écrites sont tenues à jour définissant: Le processus de classification des non-conformités et la maîtrise de l'utilisation des composants non conformes dans les produits finis. Le processus formel d'autorisation et le domaine d'application pour le personnel autorisant l'emploi de matériaux de remplacement et/ou de produits non conformes. Le processus pour la maîtrise des pièces rebutées.	

<p><b>Recommandation</b> Définir le profil de vie du produit pour lequel les performances de fiabilité sont attendues.</p>	<p><b>N°</b> 31</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 9,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Donner le profil de vie du produit (découpage en scénarios opérationnels pour lequel les performances de fiabilité sont attendues). Donner les phases successives d'utilisation du produit (couple environnement/ durée de la phase). La description devra au minimum recouvrir les phases de: Stockage (non-fonctionnement, environnement protégé, peu de variation de température, hygrométrie contrôlée...), Non-fonctionnement (le produit pouvant être dans son environnement opérationnel), Fonctionnement opérationnel (ex. en vol, roulage, navigation...).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce que le profil d'utilisation du produit pour lequel les performances de fiabilité sont attendues est défini?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Le profil de vie n'est pas défini.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le profil de vie n'est pas fourni dans le cahier des charges, mais a été défini complètement ou partiellement par l'industriel sans validation du donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le profil de vie fourni dans le cahier des charges (contrat) et qui satisfait partiellement à la recommandation ou a été défini partiellement par l'industriel et validé formellement par le donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le profil de vie fourni dans le cahier des charges (contrat) satisfait à la recommandation ou a été défini complètement par l'industriel et validé formellement par le donneur d'ordre.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Définir les moyens nécessaires au contrôle et essai du produit.</p>	<p><b>N°</b> 32</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 304 1355 344"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1355 304 1474 344"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 344 1355 383">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1355 344 1474 383">11,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 383 1355 421">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1355 383 1474 421">11,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 421 1355 490">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1355 421 1474 490">14,3</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	11,6	INTEGRATION SYSTEME.....	11,6	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	14,3
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	11,6								
INTEGRATION SYSTEME.....	11,6								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	14,3								
<p><b>Description complémentaire</b> Les procédures de contrôle et d'essai du produit doivent spécifier les ressources (hommes, moyens), les méthodes à mettre en oeuvre, les critères d'acceptation, et les méthodes d'enregistrement des résultats. Ces procédures doivent également définir la formation et si nécessaire, exiger la qualification des opérateurs.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Les moyens nécessaires aux contrôles et essais du produit sont-ils définis?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Aucune procédure de contrôle ou d'essai des produits n'est spécifiée, pas de description des méthodes et critères d'acceptation.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Les procédures de contrôle ou d'essai des produits sont spécifiées. Les méthodes et critères d'acceptation sont décrits. Les résultats ne sont pas conservés.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les procédures de contrôle ou d'essai des produits sont spécifiées. Les méthodes et critères d'acceptation sont décrits. Les résultats ne sont pas enregistrés et utilisés comme retour d'expérience. Les procédures décrivent également la formation et la qualification des opérateurs.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Les procédures de contrôle ou d'essai des produits sont spécifiées. Les méthodes et critères d'acceptation sont décrits. Les résultats sont enregistrés et utilisés comme retour d'expérience. Les procédures décrivent également la formation et la qualification des opérateurs.</p>									

<p><b>Recommandation</b> Déléguer le contrôle général de l'opération de vernissage sous-ensemble, afin d'optimiser le filtrage avant poursuite dans le processus.</p>	<p><b>N°</b> 33</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</p>	<p><b>Poids</b> 4,4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> La délégation du contrôle général assure d'une objectivité qui permet de mieux filtrer toute erreur qui aurait pu subvenir durant un des procédés critiques pour la fiabilité mis en oeuvre pour le vernissage des sous-ensembles. Le renseignement de la fiche suiveuse permet une traçabilité de l'ensemble des opérations et interventions survenues au cours de ce vernissage.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Le contrôle vernissage sous-ensemble est-il réalisé par une autre personne que l'opérateur de vernissage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun contrôle général en fin de vernissage n'est effectué.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une personne autre que l'opérateur en charge du vernissage, assure un contrôle général de cette opération mais ce contrôle ne repose sur aucun document formel en décrivant la procédure.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une personne autre que l'opérateur en charge du vernissage, assure un contrôle général de cette opération. Ce contrôle s'effectue suivant une procédure formalisée mais ce document n'a pas été validé par une autorité indépendante.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une personne autre que l'opérateur en charge du vernissage, assure un contrôle général de cette opération. Ce contrôle s'effectue suivant une procédure formalisée par un document qui a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Disposer de personnel qualifié en moyens d'essai, mesures et aux normes afférentes	34
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	5,8
<b>Description complémentaire</b>	
Mettre en place des formations pour que le personnel ait la maîtrise des moyens d'essai, des normes et interprétation des mesures: formation prévue et suivi des compétences assuré.	
<b>Question de l'audit</b>	
Quelles dispositions ont été prises pour que le personnel concerné soit qualifié en moyens d'essai, mesures et aux normes afférentes?	
<b>Niveau 1</b> Pas de formation ou de suivi des compétence sur ces points.	
<b>Niveau 2</b> Existence de formation mais non suivies, pas d'individualisation des formations.	
<b>Niveau 3</b> Formation suivies de façon individuelle.	
<b>Niveau 4</b> Formation suivies de façon individuelle avec mise à jour. Existence d'un suivi de compétence pour l'ensemble du personnel concerné.	



<b>Recommandation</b> Disposer des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures.	<b>N°</b> 35
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	8,8
INTEGRATION SYSTEME.....	8,8
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	9,9
<b>Description complémentaire</b>	
<p>Les documents d'achat doivent comprendre lorsque cela est applicable:                      Le type, la catégorie et toute autre identification précise, le titre ou toute autre identification formelle et l'édition applicable des spécifications, plans, exigences, en matière de processus, instructions de contrôle et autres données techniques pertinentes, le titre, l'identifiant et l'édition de la norme de système qualité à appliquer, les documents d'achat revus et approuvés avant diffusion en ce qui concerne leur adéquation par rapport aux exigences.                      Les exigences d'approvisionnement documentées doivent comprendre lorsque cela est applicable:                      Les essais, examens, contrôles et conditions d'acceptation du donneur d'ordre et toute instruction ou exigences afférentes, les exigences relatives aux spécimens (méthode de production, nombre, conditions de stockage) pour les contrôles enquêtes ou audits, les exigences relatives à la notification des anomalies, aux évolutions de définition et à l'approbation de leur traitement.                      Les exigences du donneur d'ordre doivent être déclinées vers les fournisseurs.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il des documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures?	
<b>Niveau 1</b>	Pas de documentations spécifiques au contrôle d'entrée des fournitures.
<b>Niveau 2</b>	Les seuls documents permettant le contrôle d'entrée des fournitures sont des documents d'identification du produit.
<b>Niveau 3</b>	Les documents d'achat comprennent une identification précise, l'édition applicable des spécifications, plans, exigences, en matière de processus, instructions de contrôle et autres données techniques pertinentes, le titre, l'identifiant et l'édition de la norme de système qualité à appliquer, les documents d'achat revus et approuvés avant diffusion en ce qui concerne leur adéquation par rapport aux exigences.
<b>Niveau 4</b>	<p>Les documents d'achat comprennent une identification précise, l'édition applicable des spécifications, plans, exigences, en matière de processus, instructions de contrôle et autres données techniques pertinentes, le titre, l'identifiant et l'édition de la norme de système qualité à appliquer, les documents d'achat revus et approuvés avant diffusion en ce qui concerne leur adéquation par rapport aux exigences.                      Les exigences d'approvisionnement documentées comprennent également:                      Les essais, examens, contrôles et condition d'acceptation du donneur d'ordre et toute instruction ou exigences afférentes, les exigences relatives aux spécimens (méthode de production, nombre, conditions de stockage) pour les contrôles enquêtes ou audits, les exigences relatives à la notification des anomalies, aux évolutions de définition et à l'approbation de leur traitement.                      Déclinaison vers les fournisseurs des exigences du donneur d'ordre.</p>

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Disposer d'un document justificatif d'études techniques préliminaires de fiabilité.	36
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	8
<b>Description complémentaire</b>	
S'assurer que l'ensemble des données justifiant le besoin soit disponible et validé dans un document d'étude préliminaire de fiabilité. Une directive impose la réalisation de ce document.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il une liste des éléments justificatifs?	
<b>Niveau 1</b> Pas de document justificatif.	
<b>Niveau 2</b> Un document justificatif informel existe.	
<b>Niveau 3</b> Un document formalisé et identifié existe dans le dossier justificatif, il assure une complétude par rapport aux besoins.	
<b>Niveau 4</b> Un document formalisé et identifié existe dans le dossier justificatif, il assure une complétude par rapport aux besoins. Une directive impose la rédaction de ce document.	

<p><b>Recommandation</b> Disposer d'un personnel expérimenté sur l'activité de séchage sous-ensemble suite au vernissage.</p>	<p><b>N°</b> 37</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> La tâche particulière de séchage du sous-ensemble au sein de l'activité de vernissage requiert un savoir-faire de la part de l'opérateur, qui doit donc être expérimenté si l'on ne veut pas overstresser les sous-ensembles. En effet, une dé-fiabilisation due à une température trop élevée, à une application trop longue ou à un séchage imparfait, peut être la cause de dégradations importantes dans la suite du processus.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Est-ce que l'activité de séchage sous-ensemble suite au vernissage est confiée à un personnel expérimenté?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Le séchage sous-ensemble n'est pas réalisé par un personnel expérimenté.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les opérateurs effectuant le séchage sous-ensemble sont expérimentés. Leur expérience repose sur des activités très proches du séchage sous-ensemble mais celles-ci n'ont pas fait l'objet d'une formation spécifique.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les opérateurs effectuant le séchage sous-ensemble sont expérimentés. Leur expérience a pu être déterminée à partir de documents formels mais non validés par une autorité indépendante.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les opérateurs effectuant le séchage sous-ensemble sont expérimentés. Leur expérience repose sur des activités de séchage similaires. Cette capitalisation d'expérience a pu être déterminée à partir de documents formels et validés par une autorité indépendante.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Disposer d'une capitalisation du savoir-faire par des procédures métiers	38
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	13,8
<b>Description complémentaire</b>	
Disposer d'une capitalisation du savoir-faire et des normes techniques par des procédures métiers ( informations capitalisant le savoir-faire du concepteur: guidelines, checklist, processus, modes opératoires...).	
Gérer et suivre ces procédures en fonction de l'évolution des techniques.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il une gestion des procédures métier?	
<b>Niveau 1</b> Pas de procédures métiers.	
<b>Niveau 2</b> Existence de procédures incomplètes non gérées.	
<b>Niveau 3</b> Existence de procédures gérées et validées.	
<b>Niveau 4</b> Existence de procédures gérées et validées couvrant l'ensemble des métiers, en particulier la fiabilité.	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Disposer et gérer une grille nominative des compétences requises par activité.	39
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	24,5
<b>Description complémentaire</b>	
S'assurer que les compétences requises pour une activité sont nominalement affectées dans une grille de compétence régulièrement revue et vérifier périodiquement l'adéquation des formations aux activités.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il une gestion des compétences?	
<b>Niveau 1</b> Pas de suivi de l'adéquation de la formation.	
<b>Niveau 2</b> Existence de grille de compétence non suivie au niveau des formations.	
<b>Niveau 3</b> Mise à jour régulière des grilles de formation mais pas de vérification périodique de l'adéquation des formations aux activités.	
<b>Niveau 4</b> Existence de grille de compétences avec suivi des formations mise à jour périodiquement. Evaluation régulière de l'adéquation formations / objectifs de l'entreprise.	

<p><b>Recommandation</b> Donner le contexte associé aux exigences de fiabilité du produit.</p>	<p><b>N°</b> 40</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> SPECIFICATION ..... 8,1</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Les éléments essentiels suivants doivent être pris en compte dans la formulation de l'exigence d'une spécification de fiabilité:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulation quantitative de l'exigence de fiabilité,</li> <li>- Description complète de l'environnement dans lequel le système va être stocké, transporté, utilisé et maintenu,</li> <li>- Profil de vie du produit pour lequel les performances de Fiabilité sont attendues,</li> <li>- Identification claire du type de mesures de temps (Heures, de fonctionnement, Heures de vol, cycles, etc),</li> <li>- Définition claire de ce que constitue une défaillance,</li> <li>- Description claire de la méthode retenue pour démontrer la conformité du système à la fiabilité spécifiée,</li> <li>- Associer des pénalités à la non-tenue des exigences de fiabilité.</li> </ul>	
<p><b>Question de l'audit</b> Quel est le contexte associé aux exigences de fiabilité du produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> La recommandation n'a pas été prise en compte par le donneur d'ordre et les informations nécessaires (selon la recommandation) n'ont pas été fournies.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Identification partielle des exigences de fiabilité du donneur d'ordre telles qu'elles sont demandées dans la recommandation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Identification complète des exigences de fiabilité du donneur d'ordre telles qu'elles sont demandées dans la recommandation.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Identification complète dès l'appel d'offres des exigences de fiabilité du donneur d'ordre telles qu'elles sont demandées dans la recommandation.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Donner les consignes (protocole et consignes particulières à respecter) aux opérateurs.	41
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,4
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,4
<b>Description complémentaire</b>	
Une fiche de poste ou tout autre moyen d'information décrivant les actions à effectuer et différentes consignes et protocoles à suivre doivent être fournis aux opérateurs.	
<b>Question de l'audit</b>	
Les consignes (protocole et consignes particulières à respecter), sont-elles données aux opérateurs?	
<b>Niveau 1</b> Il n'existe aucune consigne pour les opérateurs.	
<b>Niveau 2</b> Un certain nombre de consignes sont mises à disposition au poste, mais celles ci ne sont pas obligatoirement données à l'opérateur.	
<b>Niveau 3</b> Les consignes relatives à l'activité à réaliser existent et sont formalisées en documents (fiches de poste, protocoles, etc.). Elles sont données à chaque opérateur en charge de la réalisation d'une activité. Ces documents n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.	
<b>Niveau 4</b> Les consignes relatives à l'activité à réaliser existent et sont formalisées en documents (fiches de poste, protocoles, etc.). Elles sont données à chaque opérateur en charge de la réalisation d'une activité. Ces documents ayant, au préalable, fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.	

<p><b>Recommandation</b> Effectuer des relevés des profils de température pour chaque programme du moyen de brasage pour s'assurer que l'on n'agresse pas le sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b> 42</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....6,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Effectuer des relevés des profils de température pour chaque programme du moyen de brasage permettant de connaître avec précision les niveaux qui ont été appliqués (amplitude et durée afin de vérifier que l'on est bien dans le gabarit désiré durant le déroulement de l'activité).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il des relevés des profils de température pour chaque programme du moyen de brasage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun relevé n'est réalisé pendant le déroulement du programme.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de relevés durant le déroulement de l'activité peuvent servir à retrouver les niveaux appliqués sur le sous-ensemble. Ces relevés sont épisodiques et ne respectent pas de formalisme précis.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des relevés permettant de connaître avec précision les niveaux appliqués les sous-ensembles sont effectués. Ils sont effectués suivant un formalisme prédéfini (document indiquant le protocole, la fréquence, etc.) mais n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des relevés permettant de connaître avec précision les niveaux appliqués sur les sous-ensembles sont effectués. Ils sont effectués suivant un formalisme prédéfini (document indiquant le protocole, la fréquence, etc.) et ces documents ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	



<p><b>Recommandation</b>                  Eliminer toutes possibilités d'ambiguïté d'utilisation d'un outil pour ne pas avoir une inadéquation entre le moyen de production et le sous-ensemble auquel on l'applique.</p>	<p><b>N°</b>                  43</p>						
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></td> <td style="text-align: right;"><b>Poids</b></td> </tr> <tr> <td>FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td style="text-align: right;">7,2</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">7,2</td> </tr> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,2	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,2
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,2						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,2						
<p><b>Description complémentaire</b>                  La description des actions à effectuer lors de l'application d'un outil de production sur un sous-ensemble doit être suffisamment explicite pour ne pas autoriser une interprétation de la part de l'opérateur dont résulterait l'utilisation accidentelle d'un moyen inadéquat.                  On doit ainsi s'assurer que l'on n'altèrera pas la fiabilité des sous-ensembles par inadéquation de l'outil appliqué.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b>                  Comment s'assure-t-on du fait que les moyens de production sont adaptés aux éléments à produire?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas de description explicite assurant que l'on n'aura pas une inadéquation du moyen de production par rapport au sous-ensemble.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de critères à vérifier afin d'avoir adéquation entre le moyens et le sous-ensemble existent, mais ceux-ci ne sont pas formellement identifiés dans un document.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Chaque moyen de production est accompagné d'une description d'un ensemble de paramètres à vérifier avant utilisation sur un sous-ensemble. Ceux ci sont formellement identifiés dans un document qui n'a pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Chaque moyen de production est accompagné d'une description d'un ensemble de paramètres à vérifier avant utilisation sur un sous-ensemble.                  Cette description est suffisamment explicite pour que le moyen identifié aille avec le sous-ensemble. L'ensemble des paramètres à vérifier est formalisé en un document qui a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b>                  En vue du Soutien Logistique, rédiger un recueil de recommandations métiers portant sur les opérations de manipulation et de stockage chez l'utilisateur.</p>	<p><b>N°</b>                  44</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  CONCEPTION ..... 7,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  En vue du Soutien Logistique: s'assurer qu'il existe et qu'est appliqué un recueil de recommandations métiers sur les opérations de manipulation et de stockage chez l'utilisateur. Ce recueil doit être enrichi par le retour d'expérience.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Y a-t-il un recueil des recommandations métiers sur les opérations de manipulation et de stockage chez le client?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de recueil de recommandations ni de procédures de traitement du retour d'expérience.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence de recueil de recommandations non formalisé et non géré.                  Retour d'expérience traité de façon non systématique.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence de recueil de recommandations formalisé, non nécessairement applicable au projet (non référencé au projet) et non validé.                  Retour d'expérience formalisé dans une base non gérée et peu exploitée en conception.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Recueil de recommandations formalisé, validé, référencé au projet.                  Retour d'expérience formalisé, validé, référencé au projet, exploitable et servant de donnée d'entrée en conception pour améliorer la fiabilité.</p>	

<b>Recommandation</b> Engager une certification qualité de l'entreprise.	<b>N°</b> 45
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 6,5
<b>Description complémentaire</b> Certifier le système qualité de l'entreprise selon l'ISO 9001 V2000.	
<b>Question de l'audit</b> L'entreprise a t'est une ou plusieurs certification qualité, par exemple ISO 9001 Version 2000	
<b>Niveau 1</b> L'industriel n'a pas mis en place de système qualité.	
<b>Niveau 2</b> L'industriel a mis en place un système qualité mais ne fait pas l'objet d'une certification qualité normative, ou la certification a plus de un an.	
<b>Niveau 3</b> L'industriel a mis en place un système qualité et a obtenu une certification. Exemple ISO 9000 V2000.	
<b>Niveau 4</b> L'industriel a mis en place un système qualité et a obtenu une certification. Exemple ISO 9000 V2000. Il audite régulièrement en interne son activité fiabilité (au moins tous les deux ans) pour définir des actions de progrès.	

<p><b>Recommandation</b> Enregistrer (sur Fiche d'Anomalies) les problèmes devant conduire à l'application d'actions correctives et / ou préventives.</p>	<p><b>N°</b> 46</p>						
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></td> <td style="text-align: right;"><b>Poids</b></td> </tr> <tr> <td>FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td style="text-align: right;">7,6</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">7,6</td> </tr> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,6	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,6
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,6						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,6						
<p><b>Description complémentaire</b> L'enregistrement sur un document de type Fiche d'anomalies permet un suivi des différents dysfonctionnements. Cette fiche d'anomalies est un des principaux documents permettant la mise en oeuvre des actions de maintenance préventives et/ou correctives. L'ensemble s'inscrit dans une traçabilité pour une gestion des non conformités (produits et moyens).</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Comment sont enregistrés les faits techniques ou rapports d'anomalies?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucun enregistrement ou traçabilité des problèmes rencontrés au cours de la production.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Les points critiques sont identifiés et peuvent être transmis pour engager des actions correctives, mais aucune formalisation n'est réalisée.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Chaque problème relatif à la production, quel que soit sa nature, est identifié, enregistré au sein d'un document prévu à cet effet et pourra ainsi servir en maintenance préventive et corrective. Néanmoins, aucune validation de cette forme de capitalisation d'information n'a été réalisée.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Chaque problème relatif à la production, quel que soit sa nature, est identifié, enregistré au sein d'un document prévu à cet effet suivant un formalisme prédéfini. L'ensemble et plus particulièrement la façon de consigner les informations pour réutilisation lors de la maintenance préventive et corrective, a fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Etablir des procédures de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées.	47
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,6
INTEGRATION SYSTEME.....	10,6
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	6,8
<b>Description complémentaire</b>	
Etablir des procédures écrites pour assurer que le produit acheté soit conforme aux exigences spécifiées. Définir les termes et les conditions d'approvisionnement ainsi que les responsabilités de tous les intervenants. Vérifier l'application des procédures.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il des procédures écrites de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées?	
<b>Niveau 1</b>	Pas de procédures de conformité des produits par rapport aux exigences spécifiées. Rien de formel.
<b>Niveau 2</b>	Des procédures génériques (tous produits) sont définies pour assurer la conformité du produit acheté. Une preuve formelle existe: ex note.
<b>Niveau 3</b>	Des procédures spécifiques au produit sont définies dans un plan validé pour assurer la conformité du produit acheté. Les conditions d'approvisionnement ainsi que les responsabilités des intervenants ne sont pas décrites.
<b>Niveau 4</b>	Des procédures spécifiques au produit sont définies dans un plan validé pour assurer la conformité du produit acheté. Les conditions d'approvisionnement ainsi que les responsabilités des intervenants sont décrites. Des preuves de l'évaluation de ces procédures existent.

<p><b>Recommandation</b> Etablir et maintenir une liste préférentielle de composants.</p>	<p><b>N°</b> 48</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>CONCEPTION ..... 8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Etablir et maintenir une liste préférentielle de composants prenant en compte les caractéristiques defiaibilité.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une liste préférentielle de composants?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de liste préférentielle de composants.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence d'une liste préférentielle de composants non formalisée, non validée, contenant uniquement des caractéristiques techniques.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence d'une liste préférentielle de composants gérée et formalisée avec des objectifs de standardisation. Validée par les achats, méthodes et services techniques et contenant uniquement des caractéristiques techniques.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence d'une liste préférentielle de composants gérée et formalisée avec des objectifs de standardisation. Validée par les achats, méthodes et services techniques et contenant non seulement des caractéristiques techniques mais aussi des informations sur la fiabilité et les modes de défaillance des composants.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Examiner et traiter les non-conformités.</p>	<p><b>N°</b> 49</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="181 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1473 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="181 347 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 347 1473 380">13,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 380 1356 414">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1473 414">13,6</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	13,6	INTEGRATION SYSTEME.....	13,6
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	13,6						
INTEGRATION SYSTEME.....	13,6						
<p><b>Description complémentaire</b> La responsabilité relative à l'examen et à la décision pour le traitement du produit non conforme doit être définie. Des procédures écrites doivent décrire le traitement des non-conformités. Ces procédures doivent prévoir que le produit non conforme peut être: retouché pour satisfaire aux exigences spécifiées, accepté par dérogation avec ou sans réparation. déclassé pour d'autres applications. rejeté ou rebuté. Si le contrat l'exige, la proposition d'utilisation ou de réparation du produit non conforme pourra être soumise au donneur d'ordre. Le produit réparé et/ou repris est contrôlé de nouveau conformément aux exigences du plan qualité et/ou des procédures écrite.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> La responsabilité relative à l'examen et à la décision pour le traitement du produit non conforme est-elle définie?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Le produit non conforme n'est pas examiné.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Le produit non conforme est examiné et décrit mais ces actions sont effectuées sans procédures écrites.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Le produit non conforme est examiné et décrit selon des procédures écrites, mais celles-ci ne prévoient pas des modifications du produit ou acceptation sans modification.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Le produit non conforme est examiné et décrit selon des procédures écrites. Celles-ci prévoient que le produit peut être: Retouché pour satisfaire aux exigences spécifiées. Accepté par dérogation avec ou sans réparation. Déclassé pour d'autres applications. Rejeté ou rebuté. Si le contrat l'exige, la proposition d'utilisation ou de réparation du produit non conforme est soumis au donneur d'ordre. Le produit réparé et/ou repris est contrôlé de nouveau conformément aux exigences du plan qualité et/ou des procédures écrites.</p>							

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Existence d'une base de données capitalisant le retour d'expérience.	50
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	24,2
<b>Description complémentaire</b>	
<p>S'assurer qu'il existe une méthodologie: de renseignement des faits techniques, de mise à jour, d'exploitation. Pour la capitalisation des retours d'expérience dans l'objectif est d'améliorer la fiabilité des conceptions futures. S'assurer que les retours d'expérience sont concrètement exploités au niveau des concepteurs: existence d'une méthodologie d'exploitation.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Les retours d'expérience sont-ils mis à profit pour améliorer les conceptions futures?	
<b>Niveau 1</b> Pas de méthodologie de capitalisation.	
<b>Niveau 2</b> Méthodologie initialisée sans mise à jour.	
<b>Niveau 3</b> Méthodologie mise à jour mais non exploitable/exploitée (par manque d'informations par exemple).	
<b>Niveau 4</b> Méthodologie mise à jour, exploitable et exploitée.	



<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Existence d'une base de données capitalisant les études d'évaluation de fiabilité.	51
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	10,6
<b>Description complémentaire</b>	
S'assurer qu'il existe une gestion centralisée des études d'évaluation de la fiabilité permettant de réutiliser les calculs passés avec les contraintes: hypothèses de base clairement identifiées, données extractibles et réutilisables par les métiers de la conception.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il une base de données capitalisant les études d'évaluation de fiabilité?	
<b>Niveau 1</b> Pas de base de données.	
<b>Niveau 2</b> Existence d'une base de données mais non centralisée.	
<b>Niveau 3</b> Existence d'une base de données centralisée sans processus formel d'enrichissement.	
<b>Niveau 4</b> Existence d'une base de données centralisée avec processus formel d'enrichissement et mise à jour.	

<p><b>Recommandation</b> Existence d'une base de données sur l'historique des définitions et les justificatifs de définition.</p>	<p><b>N°</b> 52</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> CONCEPTION ..... 7,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que la traçabilité et la justification de la conception sont réalisées dans un objectif de la maîtrise des définitions et des évolutions. Existence d'une méthodologie permettant l'accès à ces informations au sein du bureau d'étude.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une base de données sur l'historique et les justificatifs de définition?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de base de données, ni connaissances personnelles d'experts.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Pas de base de données explicite mais connaissances et expériences personnelles d'experts.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Formalisation des connaissances et de l'historique de la justification des définitions dans une base de données mais sans procédures de mise à jour et de gestion de suivi des configurations.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence de procédures de mise à jour et de gestion de la base de données.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Exploiter le retour d'expérience.</p>	<p><b>N°</b> 53</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 8,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b></p> <p>Exploiter le retour d'expérience obtenu à partir des produits similaires utilisés dans des environnements similaires de façon à donner un bon de niveau de confiance dans la tenue des performances de fiabilité.</p> <p>Le retour d'expérience est également utilisé pour étalonner ou contrôler les méthodes prévisionnelles de fiabilité .</p> <p>Ces études nécessitent un temps important de collecte des données opérationnelles et un enregistrement minutieux des anomalies rencontrées.</p> <p>Les données d'entrée sont:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les enregistrements d'anomalies observées,</li> <li>- les conditions d'utilisation du produit (profil de vie, environnement opérationnel, durée d'utilisation),</li> <li>- l'analyse de la cause de la défaillance (imputable ou non à l'industriel).</li> </ul> <p>Les données de sortie sont:</p> <p>La fiabilité opérationnelle qui peut être extrapolée pour des environnements et profils de vie différents par des modèles issus de l'ingénierie système.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b></p> <p>Les retours d'expérience sont-ils mis à profit pour maintenir un bon niveau de confiance dans la tenue des performances de fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun retour d'expérience (mesure de fiabilité opérationnelle sur affaires précédentes ) n'est disponible.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un retour d'expérience existe, mais non exploité, ni formalisé dans un ou des documents.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le retour d'expérience de l'industriel est exploité et formalisé dans un document. Ce retour d'expérience ne correspond pas exactement aux technologies actuelles employées.</p> <p>Une validation ou un recalage des méthodes de fiabilité prévisionnelle existe.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le retour d'expérience de l'industriel est exploité et formalisé dans un document. Ce retour d'expérience correspond aux technologies actuelles employées ou des études formelles de similarité sont effectuées et formalisées pour évaluer les écarts (document).</p> <p>Une validation ou un recalage des méthodes de fiabilité prévisionnelle existe et est régulièrement mis à jour.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Faire participer le métier Sûreté de Fonctionnement à la conception fonctionnelle et organique du produit.</p>	<p><b>N°</b> 54</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">SPECIFICATION .....</td> <td data-bbox="1356 383 1474 416">12,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">CONCEPTION .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 450">12,6</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	SPECIFICATION .....	12,6	CONCEPTION .....	12,6
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
SPECIFICATION .....	12,6						
CONCEPTION .....	12,6						
<p><b>Description complémentaire</b> Utiliser l'ingénierie fiabilité pour optimiser l'architecture des produits, les choix de conception. Donner autorité à l'ingénierie fiabilité en cas de non tenue d'une performance de fiabilité.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Les critères de fiabilité sont-ils pris en compte dans l'architecture des produits, les choix de conception, d'industrialisation, de soutien?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Il n'y a pas de participation de l'ingénierie fiabilité pour la conception du produit.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> La participation de l'ingénierie de fiabilité au cours de la conception du produit est aléatoire et ou partielle. L'ingénierie fiabilité n'intervient que pour l'évaluation de la fiabilité.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> L'ingénierie fiabilité contribue à la conception, des documents l'attestent mais le système de référence de l'entreprise ne décrit pas cette participation.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> L'ingénierie fiabilité contribue à la conception et a autorité de décision en cas de non tenue d'un objectif de fiabilité. Des documents l'attestent. Le système de référence de l'entreprise décrit cette participation. Un guide d'ingénierie fiabilité tel que le Guide FIDES est appliqué.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Faire participer le métier Sûreté de Fonctionnement dans l'ensemble des phases du projet.</p>	<p><b>N°</b> 55</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 8,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Le métier sûreté de Fonctionnement (Fiabilité) participe à la l'ensemble des phases du projet, dès les phases amonts du développement et jusqu'à la mise en série. Le métier sûreté de fonctionnement est également impliqué en production et en suivi opérationnel.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Le métier sûreté de Fonctionnement participe-t-il à l'ensemble des phases du projet?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune personne chargée de l'ingénierie fiabilité ne participe au projet.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité participe partiellement (prestation incomplète au sens de la recommandation) au projet, aucun document n'atteste de cette participation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité participent complètement (prestation complète au sens de la recommandation) au projet, cette participation n'est pas formalisée par un plan ou une procédure.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité participent complètement (prestation complète au sens de la recommandation) au projet, des documents formalisent et attestent de cette participation.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Former le personnel concerné par la Fiabilité ou employer du personnel qualifié en Fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 56</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Former le personnel concerné à la fiabilité: de la sensibilisation au perfectionnement d'expert pour les responsables fiabilité selon la criticité des performances de fiabilité attendues pour le produit. Sensibilisation du personnel de production à la non-dégradation des produits.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> La formation des acteurs à la fiabilité est-elle adaptée à la criticité des performances de fiabilité attendues pour le produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune formation spécifique n'a été dispensée au fiabiliste (formation initiale ou continue).</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Aucune sensibilisation n'est dispensée dans l'entreprise, mais le personnel chargé des études de fiabilité a suivi une formation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le personnel de l'entreprise concerné par la fiabilité a fait l'objet de sensibilisation (ex. sensibilisation du personnel de production à la non-dégradation des produits). Le personnel chargé des études de fiabilité a suivi une formation et est expérimenté.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le personnel de l'entreprise concerné par la fiabilité a fait l'objet de sensibilisation (ex. sensibilisation du personnel de production à la non-dégradation des produits). Le personnel est expérimenté, des activités métiers sont organisées dans l'entreprise, Le personnel participe à des congrès de fiabilité et présente des communications.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Formuler quantitativement l'exigence de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 57</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 8,2</p>	
<p><b>Description complémentaire</b></p> <p>Pour la spécification des performances de fiabilité (qui doit être quantitative), au moins un des trois types de spécifications suivantes (ou un équivalent) doit être utilisé :</p> <p>Le MTBF ou taux de défaillance: c'est une définition adaptée aux systèmes réparables qui ont une longue durée de vie et ou les missions ont une durée faible par rapport à leur MTBF. La validité de l'hypothèse de constance du taux de défaillance dans le temps nécessite parfois d'être prouvée.</p> <p>La probabilité de survie pour une période de temps définie. Cette spécification est utilisée par exemple quand un haut niveau de fiabilité est exigé durant la durée de la mission.</p> <p>La probabilité de succès indépendante du temps pour des dispositifs monocoup. Il peut être utilisé également pour des dispositifs à utilisation cyclique.</p> <p>Ces valeurs quantitatives seront spécifiées soit en valeurs moyennes (objectifs de conception) soit valeurs minimales acceptables, valeurs en dessous desquelles le donneur d'ordre trouve que le système est totalement insatisfaisant vis à vis de ses exigences opérationnelles. Le type d'objectif (objectif de conception ou minimum acceptable) sera précisé explicitement.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b></p> <p>L'exigence de fiabilité est-elle exprimée de façon quantitative?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune exigence quantitative de fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Aucune exigence quantitative de fiabilité, mais l'évaluation quantitative de la fiabilité est demandée.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un des trois types de spécification (selon la recommandation) de performances est dans le cahier des charges. Certains éléments relatifs à la quantification font l'objet d'hypothèse non formalisées.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un des trois types de spécification (selon la recommandation) de performances est dans le cahier des charges. Toutes les hypothèses de quantification sont précisées formellement.</p>	

<b>Recommandation</b> Fournir les ressources nécessaires pour les études de fiabilité.	<b>N°</b> 58
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 8,3
<b>Description complémentaire</b> Allouer les ressources nécessaires (moyens matériels, accès aux données techniques, et temps nécessaire pour effectuer les études de fiabilité).	
<b>Question de l'audit</b> Les données techniques nécessaires aux études de fiabilité sont-elles accessibles? Les outils nécessaires sont-ils disponibles? Le temps et le financement nécessaires sont-ils prévus?	
<b>Niveau 1</b> Aucune allocation de moyen n'est clairement attribuée aux activités de fiabilité.	
<b>Niveau 2</b> Des moyens sont alloués aux activités de fiabilité, mais de manière insuffisante (personnel compétent, outils adaptés, temps pour réaliser les études sous-dimensionné).	
<b>Niveau 3</b> Les allocations de moyens ( humains et matériels) sont effectuées de façon satisfaisante aux activités de fiabilité.	
<b>Niveau 4</b> Les allocations de moyens ( humains et matériels) sont effectuées de façon satisfaisante aux activités de fiabilité, ces moyens sont décrits dans un plan de management affaire.	



<p><b>Recommandation</b> Gérer en configuration les documents d'étude de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 59</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 5,4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Maîtrise de la documentation liée aux études de fiabilité: enregistrement, sauvegarde, archivage, validation, gestion en configuration des documents.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les documents d'étude de fiabilité sont- ils gérés?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les documents de fiabilités ne sont pas gérés en configuration.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Certains documents sont gérés en configuration.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les hypothèses liées aux calculs prévisionnels sont précisées dans les documents. La documentation liée aux études de fiabilité est maîtrisée mais pas systématiquement: (Enregistrement, sauvegarde, archivage, validation, gestion en configuration des documents non effectués systématiquement.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les hypothèses liées aux calculs prévisionnels sont précisées dans les documents. La documentation liée aux études de fiabilité est maîtrisée: enregistrement, sauvegarde, archivage, validation, gestion en configuration des documents. Les documents d'études de fiabilité prévisionnels sont accessibles plus de 5 ans après leur établissement (pour études comparatives prévisionnel/opérationnel).</p>	

<b>Recommandation</b> Gérer les priorités à respecter en fonction des dates de fin de dossier.	<b>N°</b> 60
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	3,1
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	3,1
<b>Description complémentaire</b> La réalisation des différents sous-ensembles ainsi que leur intégration s'effectue à partir de tâches planifiées pouvant correspondre à des activités simultanées. Afin de n'avoir à stocker qu'un minimum de sous-ensembles (toute temporisation dans le cheminement de production est synonyme de stockages, manipulations supplémentaires de sous-ensembles) et donc à limiter les possibilités de dégradation de la fiabilité des éléments, on devra gérer les priorités.	
<b>Question de l'audit</b> Comment sont gérées les priorités en fonction des dates de fin de dossier?	
<b>Niveau 1</b> Aucune hiérarchisation des priorités en production n'est réalisée.	
<b>Niveau 2</b> Selon la planification de la production, une certaine priorité est donnée aux sous-ensembles afin de minimiser les manipulations et stockages. Ces priorités ne font pas l'objet de documents formels.	
<b>Niveau 3</b> Une réelle gestion des priorités est mise en place en fonction des dates de fin de dossier. Cette planification s'appuie sur des documents formels mais qui n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.	
<b>Niveau 4</b> Une réelle gestion des priorités est mise en place en fonction des dates de fin de dossier. Cette planification s'appuie sur des documents formels ayant fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Identifier et mettre en oeuvre des moyens de protection des sous-ensembles.	61
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	7,3
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	7,3
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,3
<b>Description complémentaire</b>	
Faire le recensement et mettre en oeuvre des moyens de protection pour ne pas défiabiliser le sous-ensemble.	
<b>Question de l'audit</b>	
A-t-on identifié et mis en œuvre des moyens de protection des sous-ensembles durant certaines activités de production?	
<b>Niveau 1</b> Aucun moyen de protection particulier n'est identifié.	
<b>Niveau 2</b> Les moyens de protection sont identifiés, mais partiellement appliqués dans les différentes activités.	
<b>Niveau 3</b> Les moyens de protection sont identifiés et leur application est vérifiée.	
<b>Niveau 4</b> Les moyens de protection sont identifiés suite à une analyse périodique des anomalies observées et leur application est vérifiée.	

<b>Recommandation</b> Identifier formellement les risques techniques impactant la fiabilité.	<b>N°</b> 62
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
SPECIFICATION .....	12,4
CONCEPTION .....	21
<b>Description complémentaire</b> Identifier formellement les exigences et les facteurs critiques liés à la fiabilité. Ces informations seront utilisées par la procédure de gestion des risques. Tracer et gérer ces risques. Existence d'un plan d'action.	
<b>Question de l'audit</b> Les risques techniques impactant la fiabilité sont-ils identifiés?	
<b>Niveau 1</b> Aucune gestion des risques vis à vis des performances de fiabilité n'est faite.	
<b>Niveau 2</b> Une analyse initiale des risques liés à l'obtention des performances de fiabilité a été faite, mais la gestion des risques n'est pas formalisée ou est incomplète.	
<b>Niveau 3</b> Une analyse initiale des risques liés à l'obtention des performances de fiabilité a été faite. Celle-ci est formalisée, mais la gestion des risques n'est pas maintenue dans le temps: une collaboration entre l'équipementier et le systémier est mise en place pour évaluer les risques liés à l'environnement du produit.	
<b>Niveau 4</b> Les risques liés à l'obtention des performances de fiabilité sont parfaitement identifiés. Une procédure de gestion de ces risques existe chez l'industriel et est suivie. Une collaboration entre l'équipementier et le systémier est mise en place pour évaluer les risques liés à l'environnement du produit. Une fiche de risque est rédigée, tenue à jour pour chacun des risques, cette fiche présente notamment des approches quantitatives quand à la probabilité du risque, la gravité (coût, planning, performance), les solutions proposées pour réduire le risque, et le coût des solutions.	

<b>Recommandation</b> Identifier la documentation pour les procédés spéciaux.	<b>N°</b> 63
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	<b>Poids</b> 12,2
<b>Description complémentaire</b> Des enregistrements concernant les procédés, les produits et le personnel sont tenus à jour.	
<b>Question de l'audit</b> Existe-t-il une documentation pour les procédés spéciaux? Cette documentation est-elle mise à jour?	
<b>Niveau 1</b> Pas de documentation concernant les procédés spéciaux.	
<b>Niveau 2</b> La documentation associée concerne uniquement les procédés, ne sont pas pris en compte les produits ou les ressources humaines associées.	
<b>Niveau 3</b> Des enregistrements concernent les procédés, les produits et le personnel associés aux procédés spéciaux, mais les mises à jour de ces procédures ne sont pas effectuées.	
<b>Niveau 4</b> Des enregistrements concernant les procédés, les produits et le personnel sont mis à jour.	

<p><b>Recommandation</b> Identifier le type de mesure de temps pour les performances de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 64</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 6,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Identifier le type de mesure de temps pour les performances de fiabilité (Heures de fonctionnement, Heures de vol, cycles, etc).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> A-t-on identifié un type de mesure de temps (Heures de fonctionnement, Heures de vol, cycles, etc.) pour les performances de fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Le type de mesure de temps n' est pas complètement défini dans l'appel d'offre ou le contrat et l'industriel ne l'a pas complété.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le type de mesure de temps n' est pas complètement défini dans l'appel d'offre (ou le contrat) mais l'industriel a complété ces données par des hypothèses sans les avoir fait valider par le donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le type de mesure de temps n' est pas complètement défini dans l'appel d'offre (ou le contrat) mais l'industriel a complété ces données par des hypothèses validées par le donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le type de mesure de temps est complètement défini dans l'appel d'offre (ou le contrat).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Identifier les exigences du donneur d'ordre.</p>	<p><b>N°</b> 65</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 7,3</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Les exigences du donneur d'ordre doivent être identifiées, documentées et tracées par rapport aux documents d'entrée.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> A-t-on identifié, documenté et tracé les exigences du client?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les exigences du donneur d'ordre liées à la fiabilité ne sont pas identifiées.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les exigences du donneur d'ordre liées à la fiabilité sont identifiées, listées dans un document sans indice de révision, la traçabilité de l'évolution de ces exigences n'est pas réalisée (pas de justification ni d'enregistrement dans un document).</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les exigences du donneur d'ordre liées à la fiabilité sont identifiées, listées dans un document (ex.: plan de fiabilité) avec indice de révision, la traçabilité de l'évolution de ces exigences n'est pas réalisée (pas de justification ni d'enregistrement dans un document).</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les exigences du donneur d'ordre liées à la fiabilité sont identifiées, listées dans un document et maintenu à jour (versions successives si justifié) avec leur indice de révision, la traçabilité de l'évolution de ces exigences est réalisée (justification et enregistrement dans un document).</p>	

<b>Recommandation</b> Identifier les moyens concernant les procédés spéciaux.	<b>N°</b> 66
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	13,1
INTEGRATION SYSTEME.....	13,1
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,1
<b>Description complémentaire</b> Les exigences de qualification des opérations du procédé, y compris l'équipement et le personnel associés doivent être spécifiées.	
<b>Question de l'audit</b> Les moyens concernant les procédés spéciaux sont-ils identifiés?	
<b>Niveau 1</b> Les moyens concernant les procédés spéciaux ne sont pas identifiés de façon formelle.	
<b>Niveau 2</b> Des documents identifient les moyens techniques dévoués aux procédés spéciaux. Les équipements et personnels associés à ces procédés ne sont pas définis.	
<b>Niveau 3</b> Les exigences de qualification des opérations du procédé, y compris l'équipement et le personnel associés sont spécifiées.	
<b>Niveau 4</b> Les exigences de qualification des opérations du procédé, y compris l'équipement et le personnel associés sont spécifiées. Les documents identifiant ces exigences sont régulièrement mis à jour.	



<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Identifier les ressources humaines concernant les procédés spéciaux.	67
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	11,7
INTEGRATION SYSTEME.....	11,7
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,7
<b>Description complémentaire</b>	
Les procédés spéciaux doivent être effectués par des opérateurs qualifiés et/ou font-ils l'objet d'une surveillance continue et d'une maîtrise des paramètres du procédé pour garantir la conformité aux exigences requises.	
<b>Question de l'audit</b>	
Les ressources humaines concernant les procédés spéciaux sont-elles gérées?	
<b>Niveau 1</b>	Les procédés spéciaux ne sont pas associés à des ressources humaines qualifiées.
<b>Niveau 2</b>	Les procédés spéciaux sont effectués par des opérateurs formés, leur compétence ne fait pas l'objet d'un contrôle régulier.
<b>Niveau 3</b>	Les procédés spéciaux sont effectués par des opérateurs qualifiés ou font l'objet d'une surveillance continue.
<b>Niveau 4</b>	Les procédés spéciaux sont effectués par des opérateurs qualifiés et font l'objet d'une surveillance continue.

<p><b>Recommandation</b> Identifier les risques liés à la Fiabilité chez les sous-contractants.</p>	<p><b>N°</b> 68</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,2</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Avant la signature du contrat (avec sous-traitant), identifier les risques liés à la fiabilité du produit sous-traité.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> A-t-on identifié les risques liés à la fiabilité des produits chez les sous-contractants?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune analyse des risques liés à la fiabilité n'est faite avec le sous-traitant avant la signature du contrat (pas de disposition spécifique).</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Aucune analyse des risques liés à la fiabilité n'est faite avec le sous-traitant avant la signature du contrat, mais une identification des risques a été faite au cours de l'affaire. Il n'y a pas de gestion de ces risques.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> L'analyse des risques liés à la fiabilité a été faite avant la signature du contrat et a fait l'objet d'un document formel. Il n'y a pas de gestion de ces risques.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> L'analyse des risques liés à la fiabilité a été faite avant la signature du contrat et a fait l'objet d'un document formel. Les risques identifiés ont fait l'objet de fiches de risques qui sont régulièrement mises à jour.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Intégrer la fiabilité dans la politique qualité de l'entreprise.	69
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	7,4
<b>Description complémentaire</b>	
Intégrer le thème Fiabilité dans la politique qualité entreprise et décliner cette politique aux niveaux concernés par l'ingénierie fiabilité.	
<b>Question de l'audit</b>	
Le thème de la fiabilité est-il présent dans la politique qualité de l'entreprise?	
<b>Niveau 1</b> La politique qualité ne prend pas en compte la fiabilité.	
<b>Niveau 2</b> La fiabilité est citée de façon indirecte dans les objectifs de la politique qualité.	
<b>Niveau 3</b> La fiabilité est citée dans la politique qualité de l'entreprise.	
<b>Niveau 4</b> La fiabilité est un des enjeux majeurs de la politique qualité.	

<b>Recommandation</b>		<b>N°</b>
Maîtriser la documentation de contrôle et d'essais du produit.		70
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>		<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....		9,3
INTEGRATION SYSTEME.....		9,3
<b>Description complémentaire</b>		
Il est nécessaire d'établir et de tenir à jour des procédures écrites de contrôle et d'essais afin de vérifier que les exigences spécifiées pour le produit sont respectées.		
<b>Question de l'audit</b>		
Comment est assurée la maîtrise de la documentation de contrôle et d'essais du produit?		
<b>Niveau 1</b> Pas de documentation concernant les contrôles et essais du produit.		
<b>Niveau 2</b> La documentation concernant les contrôles et essais du produit se limite au programme d'essais: il contient la référence aux spécifications des matériels à tester, les références du matériel à tester, la traçabilité du programme d'essais, le cadre de l'essai, les fonctions à tester. il n'y a pas de formalisme concernant le rapport d'essai.		
<b>Niveau 3</b> La documentation comprend un programme, et un rapport d'essai comprenant outre des informations sur l'essai lui-même, l'ensemble des résultats avec liste des anomalies restantes à la fin de l'essai.		
<b>Niveau 4</b> La documentation comprend le programme d'essais, le rapport d'essais, les spécifications des moyens d'essais, la définition des moyens d'essais.		

<b>Recommandation</b> Maîtriser la documentation.	<b>N°</b> 71
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	12,2
INTEGRATION SYSTEME.....	12,2
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	5,6
<b>Description complémentaire</b>	
<p>Ranger et préserver la documentation produit et procédés mise à la disposition en atelier.                      Inventorier régulièrement les documentations.                      Mettre à jour périodiquement la documentation.                      Former une entité de personnel d'atelier à la gestion des documentations techniques.                      Posséder une documentation technique relative aux produits.                      Posséder une documentation propre au contrôle et aux essais de maintenance.                      Associer cette documentation technique du produit aux procédés de mise en oeuvre.                      Lorsque les documents sont fournis, analyser la validité de cette documentation produit.                      Posséder une documentation de maîtrise des processus.                      Spécifier des documentations techniques pour chaque processus.                      Mettre à disposition et rendre utilisable ces documentations processus.                      Posséder une documentation propre au contrôle et aux essais.</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
La maîtrise de la documentation est-elle bien assurée? Prend-elle en compte toutes les évolutions du matériel?	
<b>Niveau 1</b>	Pas de documentation spécifique aux produits ou aux processus, il n'est pas prévu de moyen de mise à disposition de documentation spécifique.
<b>Niveau 2</b>	Les documentations spécifiques aux produits et aux processus existent, cependant leur mise à jour n'est pas toujours effective, la validité des documents n'est pas analysée.
<b>Niveau 3</b>	Les documentations spécifiques aux produits et aux processus existent, leur mise à jour est périodique et planifiée, la validité des documents utilisés n'est pas analysée.
<b>Niveau 4</b>	Les documentations spécifiques aux produits et aux processus existent, leur mise à jour est périodique et planifiée, la validité des documents utilisés est analysée. Des procédures précises de rangement et de préservation de la documentation sont mises en oeuvre.

<b>Recommandation</b> Maîtriser la testabilité et la maintenabilité des produits.	<b>N°</b> 72
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	<b>Poids</b> 17,6
<b>Description complémentaire</b> Maîtriser la capacité des produits à détecter les pannes, maîtriser les moyens de détection de pannes, faciliter la maintenance.	
<b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise de la testabilité et la maintenabilité des produits?	
<b>Niveau 1</b> Pas de tests intégrés, la maintenance est mise en oeuvre sur apparition d'une défaillance.	
<b>Niveau 2</b> Existence de surveillance minimales par voyants ou alarmes.	
<b>Niveau 3</b> Mise en oeuvre de tests intégrés de type PBIT, CBIT, IBIT (Power up Built In Test, Continuous Built In Test, Initiated Built in test).	
<b>Niveau 4</b> Mise en oeuvre de tests intégrés (PBIT, CBIT, IBIT) et compléments de testabilité par un (ou plusieurs) moyens de test externe.	

<p><b>Recommandation</b> Maîtriser l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins.</p>	<p><b>N°</b> 73</p>								
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></td> <td style="text-align: right;"><b>Poids</b></td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">9,6</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td style="text-align: right;">9,6</td> </tr> <tr> <td>EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td style="text-align: right;">11,3</td> </tr> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	9,6	INTEGRATION SYSTEME.....	9,6	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,3
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	9,6								
INTEGRATION SYSTEME.....	9,6								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,3								
<p><b>Description complémentaire</b> Les équipements de contrôle, de mesure et d'essai sont utilisés de façon à assurer que l'incertitude de mesure soit connue et compatible avec l'aptitude requise en matière de mesure. Les logiciels de test ou les références de comparaison utilisés comme moyens de contrôle sont vérifiés avant mise en service pour démontrer qu'ils sont capables de contrôler que le produit est acceptable.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise de l'adéquation des équipements de contrôle, de mesure et d'essais avec les besoins?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Aucune procédure ne définit l'adéquation des équipements de contrôle de mesure et d'essais avec les besoins.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Des procédures définissent l'adéquation des équipements de contrôle de mesure et d'essais avec les besoins. Leur prise en compte n'est pas vérifiée.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les équipements de contrôle, de mesure et d'essai sont utilisés de façon à assurer que l'incertitude de mesure est connue et compatible avec l'aptitude requise en matière de mesure. Il n'y a pas de vérification des équipements de contrôle avant leur mise en service.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Les équipements de contrôle, de mesure et d'essai sont utilisés de façon à assurer que l'incertitude de mesure est connue et compatible avec l'aptitude requise en matière de mesure. Les logiciels de test ou les références de comparaison utilisés comme moyens de contrôle sont vérifiés avant mise en service pour démontrer qu'ils sont capables de contrôler que le produit est acceptable. Vérification systématique avant utilisation impossible industriellement mais utilisation de procédure métrologique (Période de validation et définition de la classe des appareils dans la procédure d'essais) la classe est définie en amont.</p>									

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Maîtriser l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais.	74
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	7,9
INTEGRATION SYSTEME.....	7,9
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,7
<b>Description complémentaire</b>	
<p>La manutention, la préservation et le stockage des équipements de contrôle, de mesure permettent d'assurer que l'exactitude et l'aptitude à l'emploi sont maintenues.</p> <p>Les équipements de contrôle, de mesure et d'essais, y compris les bancs d'essai et les logiciels de test, sont-ils protégés contre les manipulations qui invalideraient les réglages d'étalonnage?</p>	
<b>Question de l'audit</b>	
Comment est assurée la maîtrise de l'environnement des équipements de contrôle, de mesure et d'essais?	
<b>Niveau 1</b>	L'environnement des équipements de contrôle de mesure et d'essais n'est pas pris en compte.
<b>Niveau 2</b>	Les équipements de contrôle de mesure et d'essais sont protégés contre les agressions pouvant les détériorer.
<b>Niveau 3</b>	<p>Les équipements de contrôle de mesure et d'essais sont protégés contre les agressions pouvant les détériorer, ils sont également protégés contre les manipulations qui invalideraient les réglages d'étalonnage.</p> <p>La manutention, la préservation et le stockage des équipements de contrôle ne sont cependant pas définis par des procédures strictes.</p>
<b>Niveau 4</b>	<p>Les équipements de contrôle de mesure et d'essais sont protégés contre les agressions pouvant les détériorer, ils sont également protégés contre les manipulations qui invalideraient les réglages d'étalonnage.</p> <p>La manutention, la préservation et le stockage des équipements de contrôle sont définis par des procédures strictes.</p>



<b>Recommandation</b> Maîtriser l'environnement du milieu de travail.	<b>N°</b> 75
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	9,6
INTEGRATION SYSTEME.....	9,6
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	10,8
<b>Description complémentaire</b> Lorsque l'environnement du milieu du travail est important pour la qualité du produit, des limites appropriées doivent être spécifiées, maîtrisées et vérifiées (agencement de l'atelier, ergonomie du poste de travail, etc).	
<b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise de l'environnement du milieu de travail?	
<b>Niveau 1</b> L'agencement des ateliers n'est pas fait en fonction du produit traité.	
<b>Niveau 2</b> Les postes de travail sont spécifiques aux équipements. L'environnement de travail est maîtrisé.	
<b>Niveau 3</b> Les postes de travail sont spécifiques aux équipements. L'environnement de travail est maîtrisé et vérifié.	
<b>Niveau 4</b> Les postes de travail sont adaptés aux besoins spécifiques du produits. L'environnement de travail est maîtrisé et vérifié. L'agencement des ateliers permet d'optimiser la maintenance.	

<p><b>Recommandation</b> Maîtriser les dispositifs de surveillance et de mesure, métrologie des appareils de mesure et moyens industriels.</p>	<p><b>N°</b> 76</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....</p>	<p><b>Poids</b> 7,8</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Maîtriser les dispositifs de surveillance et de mesure, métrologie des appareils de mesure et moyens industriels. Maîtriser la vérification, le calibrage et l'étalonnage des appareils de mesure et bancs de tests et d'essais utilisés par l'entreprise. Les APM sont reliés aux étalons nationaux.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise des dispositifs de surveillance et de mesure, métrologie des appareils de mesure et moyens industriels?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune procédure de vérification, de calibrage et d'étalonnage des appareils de mesure et bancs de tests et d'essais n'existe dans l'entreprise.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une procédure de vérification, de calibrage et d'étalonnage des appareils de mesure et bancs de tests et d'essais existe dans l'entreprise, mais n'est pas respectée.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une procédure de vérification, de calibrage et d'étalonnage des appareils de mesure et bancs de tests et d'essais existe dans l'entreprise, et est appliquée.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La vérification, le calibrage et l'étalonnage des appareils de mesure et bancs de tests et d'essais utilisés par l'entreprise est maîtrisée (accréditation, certification..). Les APM sont reliés aux étalons nationaux.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Maîtriser les évolutions des procédés de fabrication.</p>	<p><b>N°</b> 77</p>										
<table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th style="text-align: right;"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td style="text-align: right;">13,9</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">13,9</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td style="text-align: right;">13,9</td> </tr> <tr> <td>EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td style="text-align: right;">13,9</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	13,9	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	13,9	INTEGRATION SYSTEME.....	13,9	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,9
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>										
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	13,9										
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	13,9										
INTEGRATION SYSTEME.....	13,9										
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	13,9										
<p><b>Description complémentaire</b>                  Une désignation claire des personnes autorisées à approuver les évolutions des procédés doit exister.                  Ces évolutions nécessitant l'acceptation du donneur d'ordre doivent être identifiées avant toute application.                  Toute évolution portant sur les procédés, les équipements de production, les outillages et les programmes, doit être documentée et doit engendrer une procédure pour maîtriser sa mise en oeuvre.                  S'assurer que les résultats des évolutions des procédés produisent l'effet escompté et que ces évolutions n'ont pas altéré la qualité du produit.</p>											
<p><b>Question de l'audit</b>                  Comment est assurée la maîtrise des évolutions des procédés de fabrication?</p>											
<p><b>Niveau 1</b> Les évolutions de procédés sont effectuées sans être consignées, ces modifications ne sont pas soumises à autorisation.</p>											
<p><b>Niveau 2</b> Les évolutions de procédés sont consignées et soumises à autorisation.                  Ces évolutions ne sont pas documentées, elles n'engendrent pas de procédure pour maîtriser leur mise en œuvre.</p>											
<p><b>Niveau 3</b> Les évolutions de procédé sont consignées, les personnes autorisées à approuver les évolutions des procédés de production sont désignées clairement.                  Les évolutions nécessitant l'acceptation du donneur d'ordre sont identifiées avant toute application.                  Toute évolution portant sur les procédés, les équipements de production, les outillages et les programmes, est documentée et doit engendrer une procédure pour maîtriser sa mise en oeuvre.                  Cependant, on ne s'assure pas systématiquement que les résultats des évolutions des procédés produisent l'effet escompté et que ces évolutions n'ont pas altéré la qualité du produit.</p>											
<p><b>Niveau 4</b> Les évolutions de procédé sont consignées, les personnes autorisées à approuver les évolutions des procédés de production sont désignées clairement.                  Les évolutions nécessitant l'acceptation du donneur d'ordre sont identifiées avant toute application.                  Toute évolution portant sur les procédés, les équipements de production, les outillages et les programmes, est documentée et doit engendrer une procédure pour maîtriser sa mise en oeuvre.                  On s'assure systématiquement que les résultats des évolutions des procédés produisent l'effet escompté et que ces évolutions n'ont pas altéré la qualité du produit.</p>											

<b>Recommandation</b> Maîtriser les méthodes de manutention.	<b>N°</b> 78
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	8,8
INTEGRATION SYSTEME.....	8,8
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	9,9
<b>Description complémentaire</b> Des méthodes et des moyens de manutention du produit afin d'empêcher son endommagement ou sa détérioration sont prévus et comprennent: - les procédures de transport, - les modes de manutention spécifiques à chaque produit.	
<b>Question de l'audit</b> Les modes de manutention et de transport sont-ils définis?	
<b>Niveau 1</b> Les méthodes de manutention ne sont pas définies, il n'y a pas de moyens spécifiques pour éviter la détérioration lors de sa manipulation.	
<b>Niveau 2</b> Des méthodes de manutention sont définies, elles ne sont pas spécifiques à un produit.	
<b>Niveau 3</b> Des méthodes de manutention spécifiques au produit sont consignées, des moyens spécifiques sont mis à disposition pour éviter toute détérioration lors des manipulations. Il n'y a pas de vérification quant à leur application.	
<b>Niveau 4</b> Les procédures de manipulation du produit sont définies de façon spécifique, des moyens associés permettent d'éviter toute détérioration du produit lors de ses manipulations. Des vérifications de l'application de ces méthodes sont effectuées.	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Maîtriser les moyens de production, les outillages et les machines programmables.	79
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,5
INTEGRATION SYSTEME.....	10,5
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,3
<b>Description complémentaire</b>	
S'assurer que pour tous les moyens de production, outillages et programmes, des procédures écrites décrivent les activités de: validation avant utilisation, entretien, contrôle périodique selon des procédures écrites.	
<b>Question de l'audit</b>	
Comment est assurée la maîtrise des équipements de production, des outillages et des programmes de machines à commande numérique?	
<b>Niveau 1</b>	Les moyens et les outillages ne sont pas soumis à contrôle et à validation avant utilisation.
<b>Niveau 2</b>	Les moyens et les outillages sont soumis à contrôle avant utilisation, mais ces contrôles ne sont pas tous formalisés.
<b>Niveau 3</b>	Le contrôle périodique des moyens et des outillages est soumis à validation, des procédures formelles identifient les contrôles périodiques à effectuer.
<b>Niveau 4</b>	Le contrôle périodique des moyens et des outillages est soumis à validation, des procédures formelles identifient les actions et contrôles périodiques à effectuer. Des procédures formelles décrivent l'entretien des outillages.

<p><b>Recommandation</b> Maîtriser les opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison.</p>	<p><b>N°</b> 80</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 347 1356 380"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 347 1476 380"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 414">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 380 1476 414">6,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 414 1356 448">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 414 1476 448">6,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 448 1356 481">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 448 1476 481">11,3</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,5	INTEGRATION SYSTEME.....	6,5	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,3
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,5								
INTEGRATION SYSTEME.....	6,5								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,3								
<p><b>Description complémentaire</b> Il faut prendre en compte dans une procédure, aux différentes étapes de la production, si applicable conformément aux recommandations du fabricant et/ou de la réglementation applicable, les exigences spécifiques pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le nettoyage,</li> <li>- la prévention, la détection et l'enlèvement des corps étrangers,</li> <li>- la manutention adaptée aux produits sensibles,</li> <li>- le marquage et l'étiquetage y compris les marquages de sécurité,</li> <li>- la maîtrise des durées de vie sur étagères et la rotation des stocks,</li> <li>- les matériels dangereux.</li> </ul> <p>Etablir des procédures spécifiques de gestion des périssables. Eliminer tous les produits hors péremption ou non identifiés. Proposer des critères d'évaluation et d'analyse de la qualité des conditions de stockages. Répertorier et analyser les défaillances liées à une non-qualité en stockage.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise des opérations de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Les conditions de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison ne sont pas codifiées, la réalisation de ces opérations n'est pas parfaitement maîtrisée.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Les conditions de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison sont codifiées, elles donnent lieu à des procédures adaptables à l'ensemble des produits. La réalisation de ces opérations n'est pas spécifique à un produit.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les conditions de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison sont codifiées, elles donnent lieu à des procédures spécifiques à chaque produit.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Les conditions de manutention, stockage, conditionnement, préservation et livraison sont codifiées, elles donnent lieu à des procédures spécifiques à chaque produit. Sont également codifiés et mises en oeuvre des considérations telles que les péremptions, la sensibilité des produits aux stress, la dangerosité des produits.</p>									

<p><b>Recommandation</b> Maîtriser les procédés spéciaux.</p>	<p><b>N°</b> 81</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1474 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 347 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 347 1474 380">14,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 380 1356 414">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1474 414">14,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 414 1356 448">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 414 1474 448">15,2</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	14,4	INTEGRATION SYSTEME.....	14,4	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	15,2
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	14,4								
INTEGRATION SYSTEME.....	14,4								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	15,2								
<p><b>Description complémentaire</b> Lorsque que l'on fait appel à des procédés spéciaux (procédés dont les résultats ne peuvent être entièrement vérifiés a posteriori par un contrôle ou un essai du produit, et dont les conséquences des déficiences dans la mise en oeuvre, ne peuvent apparaître qu'à l'utilisation de ce produit exemple: collage, soudage): Les procédés spéciaux à mettre en oeuvre doivent être identifiés. Le fournisseur vérifie que tous les paramètres des procédés spéciaux (par exemple, matériaux, personnel, procédures et logiciels) produisent des résultats satisfaisant. Le fournisseur identifie et documente les opérations significatives et les paramètres du procédé à maîtriser. Toute modification de ces opérations et paramètres doit faire l'objet d'une proposition justifiant cette modification et garantissant que celle-ci n'introduit aucun effet néfaste sur le résultat du procédé. Le fournisseur doit vérifier les procédés spéciaux en réalisant une ou plusieurs pièces types dans les conditions définies pour la phase. Les procédés spéciaux ou la sous-traitance du procédé doivent être qualifiés avant leur utilisation. Le fournisseur doit maintenir à jour des procédés spéciaux qualifiés.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise des procédés spéciaux?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Les procédés spéciaux ne sont pas identifiés.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Les procédés spéciaux sont identifiés. Les paramètres de ces procédés (matériaux, personnel, procédures et logiciels) sont évalués. Ces procédés ne sont pas documentés, ou pas définis par des procédures strictes.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les procédés spéciaux sont identifiés. Les paramètres de ces procédés (matériaux, personnel, procédures et logiciels) sont évalués. Les opérations significatives et les paramètres du procédé à maîtriser en production ont été identifiés et documentés. Toute modification de ces opérations et paramètres fait l'objet d'une proposition justifiant cette modification et garantissant que celle-ci n'introduit aucun effet néfaste sur le résultat du procédé. Les procédés spéciaux n'ont pas été vérifiés en réalisant une ou plusieurs pièces types dans des conditions définies.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Même critère que le niveau 3 avec en plus: Il est vérifié que tous les paramètres des procédés spéciaux (par exemple: matériaux, personnel, procédures et logiciels) produisent des résultats attendus. Les procédés spéciaux sont vérifiés en réalisant une ou plusieurs pièces types dans les conditions définies. Les procédés spéciaux (sous-traités ou non) sont qualifiés avant leur utilisation et maintenus à jour.</p>									

<b>Recommandation</b> Maîtriser les services et fluides du milieu de travail.	<b>N°</b> 82
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	10,1
INTEGRATION SYSTEME.....	10,1
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	12,2
<b>Description complémentaire</b> Lorsqu'ils ont une influence sur la qualité et la fiabilité du produit, les services et les fournitures telles que l'eau, l'air comprimé, l'électricité et les produits chimiques utilisés doivent être maîtrisés et vérifiés régulièrement pour assurer la constance de leur effet sur le procédé.	
<b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la maîtrise des services et fluides du milieu de travail?	
<b>Niveau 1</b> Les services et les fournitures tels que l'eau, l'air comprimé, l'électricité et les produits chimiques ne sont pas soumis à vérification.	
<b>Niveau 2</b> La vérification des services et les fournitures tels que l'eau, l'air comprimé, l'électricité et les produits chimiques est effectuée de façon ponctuelle et sur défaillance avérée. (voir ISO 14000).	
<b>Niveau 3</b> Les services et les fournitures tels que l'eau, l'air comprimé, l'électricité et les produits chimiques utilisés sont maîtrisés et vérifiés périodiquement pour assurer la constance de leur effet sur le procédé.	
<b>Niveau 4</b> Les services et les fournitures tels que l'eau, l'air comprimé, l'électricité et les produits chimiques utilisés sont maîtrisés et vérifiés en continu pour assurer la constance de leur effet sur le procédé.	



<b>Recommandation</b> Maximiser la couverture de test sur la base de la spécification et justification.	<b>N°</b> 83
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....	<b>Poids</b> 6
<b>Description complémentaire</b> S'assurer que la couverture de test est maximale et s'appuie sur la spécification. Justification de la couverture dans un document.	
<b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on que la couverture de test est maximale et qu'elle s'appuie sur la spécification? Y a-t'il un document justificatif?	
<b>Niveau 1</b> Pas justification de la couverture de test.	
<b>Niveau 2</b> La couverture des test est évaluée et simplement comparée à la spécification.	
<b>Niveau 3</b> La couverture des test est évaluée et quelques actions sont mises en oeuvre pour maximiser la performance. La justification de la performance est formalisée.	
<b>Niveau 4</b> La couverture des test est évaluée et des actions sont mises en oeuvre pour maximiser la performance. La justification de la performance permet de s'assurer que le taux de couverture est maximal.	

<p><b>Recommandation</b>                  Mesurer la contamination des bains par prélèvement (fréquence à définir) de façon à ne pas dépasser le taux de polluant lors de cette activité.</p>	<p><b>N°</b>                  84</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</p>	<p><b>Poids</b>                  5,8</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Mesurer la contamination des bains par prélèvement (fréquence à définir) de façon à ne pas dépasser le taux de polluant autorisé lors de cette activité.                  Toute surcharge en polluant augmentera les risques de dé-fiabilitation de la soudure.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  La mesure de la contamination des bains de brasure par prélèvement (de façon à ne pas dépasser le taux de polluant lors de cette activité) est-elle bien effectuée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucune mesure du taux de pollution du bain de soudure.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des mesures du taux de contamination en polluant du bain de soudure sont réalisées. Ces mesures sont aléatoires et ne suivent aucune formalisation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des mesures du taux de contamination en polluant du bain de soudure sont réalisées. Ces mesures s'effectuent suivant un protocole et une fréquence identifiés. L'ensemble de ces points à respecter est décrit dans un document, mais celui ci n'a pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des mesures du taux de contamination en polluant du bain de soudure sont réalisées. Ces mesures s'effectuent suivant un protocole et une fréquence identifiés. L'ensemble de ces points à respecter est décrit dans un document qui a fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mesurer la fiabilité des produits en exploitation.</p>	<p><b>N°</b> 85</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Effectuer des mesures de fiabilité opérationnelle des produits en exploitation (suivi des faits techniques, analyse des causes de défaillance imputation de l'origine des défaillances, enregistrement du profil réel d'emploi du produit, évaluation de la fiabilité, analyse de ces mesures et prise en compte du résultat pour les études de nouveaux produits).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Des mesures de la fiabilité des produits en exploitation sont-ils bien pratiquées?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune évaluation de la fiabilité par analyse de retour d'expérience opérationnel.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Observation et recueil d'information concernant les taux de défaillance des produits, le seul retour d'expérience concerne une évaluation de la fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Retour d'expérience pour évaluation de données de fiabilité, analyse des causes de défaillance imputation de l'origine des défaillances, enregistrement du profil réel d'emploi du produit. Rôle de constat du retour d'expérience, pas d'utilisation pour quantification de la fiabilité de nouveaux projets.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Retour d'expérience pour évaluation de données de fiabilité, analyse des causes de défaillance imputation de l'origine des défaillances, enregistrement du profil réel d'emploi du produit. Analyse de ces mesures et prise en compte du résultat pour les nouvelles études de produit.</p>	

<b>Recommandation</b> Mettre en oeuvre des vérifications de conception.	<b>N°</b> 86
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....	<b>Poids</b> 27,1
<b>Description complémentaire</b> Mettre en oeuvre des vérifications de conception: ces procédures doivent s'appuyer sur des relectures, circuit d'approbation, revues ayant pour objectif d'assurer que les actions orientations et éléments choisis sont corrects.	
<b>Question de l'audit</b> Y a-t-il des procédures de vérification de conception?	
<b>Niveau 1</b> Pas de procédures de vérification de conception.	
<b>Niveau 2</b> Existence de procédures de vérification non formalisées.	
<b>Niveau 3</b> Existence de procédures de vérification formelles.	
<b>Niveau 4</b> Existence de procédures de vérification formelles et révisées périodiquement, intégrant des revues de pairs.	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en oeuvre un concept de maintenance en soutien logistique.</p>	<p><b>N°</b> 87</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>CONCEPTION ..... 5,4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que le concept de maintenance est formalisé et est validé par le donneur d'ordre. Exemple de documents à présenter en réponse aux exigences du concept: plan de soutien logistique intégré, dossier d'aptitude en soutien logistique.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un concept de maintenance?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas d'exigences de soutien prévue. Organisation du donneur d'ordre non prise en compte.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Exigences de soutien existent mais partiellement formalisées: Ponctuelles voir incohérentes et non déclinées aux sous-ensembles: Pas d'organisation de soutien logistique intégrée chez l'industriel.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Exigences de soutien formalisées. Réponse aux exigences formalisées mais non validées et considérées comme secondaires: Exigences partiellement justifiées ou non atteintes.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Exigences de soutien formalisées: concept de maintenance. Il existe une organisation projet chez l'industriel pour répondre aux exigences du donneur d'ordre sous la forme d'un plan de soutien logistique. Les exigences de soutien sont prises en compte dès la conception, déclinées jusqu'aux sous-ensembles, justifiées et validées dans un dossier d'aptitude au soutien. Les éléments du système de soutien (documents, formation, lots de rechanges, outillage et moyens de test,,,) existent et sont cohérents et validés.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b> 88</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1358 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1358 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1358 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1358 383 1474 416">5,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1358 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1358 416 1474 450">5,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 450 1358 524">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1358 450 1474 524">5,3</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,3	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,3	INTEGRATION SYSTEME.....	5,3
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,3								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,3								
INTEGRATION SYSTEME.....	5,3								
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> La mise en place de l'auto-contrôle pour filtrer les erreurs humaines (pouvant provoquer une dé-fiabilisation du sous-ensemble) est-elle pratiquée?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Aucun auto-contrôle de la tâche n'est réalisée.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Un auto-contrôle existe en fin de réalisation de l'activité. Celui-ci ne répond cependant à aucun document formel.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Un auto-contrôle existe en fin de réalisation de l'activité. Celui-ci s'effectue conformément à un protocole prédéfini et formalisé par un document.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Un auto-contrôle existe en fin de réalisation de l'activité. Celui-ci s'effectue conformément à un protocole qui a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant. Ce protocole est formalisé par un document.</p>									

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place des indicateurs permettant de vérifier que l'on aura une bonne soudure lors du report des composants.</p>	<p><b>N°</b> 89</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Sur les activités de report des composants électroniques les dé-fiabilisations engendrées par une non conformité des soudures (manque, excès ou décentrage) ne doivent pas être possible. Des indicateurs (quantité déposée, aspect après report, etc) doivent être identifiés et leur suivi doit être mis en place (contrôle par l'opérateur, etc) afin de détecter toutes ces causes de dé-fiabilisation des sous-ensembles.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il des indicateurs permettant de vérifier que l'on aura une bonne soudure lors du report des composants?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun indicateur n'existe pour permettre de vérifier la bonne soudure lors du report.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des indicateurs permettant de s'assurer d'une soudure correcte ont été mis en place. Ceux-ci ne reposent cependant pas sur une étude formelle ou ne répondent à aucun critères formellement exprimés.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des indicateurs permettant de s'assurer d'une soudure correcte ont été mis en place. Ceux-ci s'appuient sur un document donnant leur niveau d'information, cependant aucune validation de ce document par une autorité indépendante n'a été réalisée.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des indicateurs permettant de s'assurer d'une soudure correcte ont été mis en place. Ceux-ci s'appuient sur un document donnant leur niveau d'information ainsi que le protocole à suivre. De plus, ces documents ont fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b> Mettre en place des inventaires périodiques des magasins.	<b>N°</b> 90
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	<b>Poids</b> 5,5
<b>Description complémentaire</b> La mise en place d'inventaires périodiques des magasins permet l'exclusion de tout élément ne satisfaisant pas aux critères de péremption; désignation ou identification correcte, localisation géographique correcte lors du stockage).	
<b>Question de l'audit</b> Veille-t-on au respect de la mise en place d'inventaires des stocks ?	
<b>Niveau 1</b> Aucun inventaire périodique ou rappel automatique d'inventaire n'est réalisé.	
<b>Niveau 2</b> Un certain nombre d'inventaires est effectué. La fréquence de ces inventaires ne fait cependant pas l'objet d'un plan formel.	
<b>Niveau 3</b> Des inventaires périodiques sont effectués. En cas de non-respect de la date d'un inventaire une relance est systématiquement faite jusqu'à validation d'un nouvel inventaire. Des documents formalisent les actions à effectuer ainsi que les différents formulaires de suivi à mettre à jour.	
<b>Niveau 4</b> Des inventaires périodiques sont effectués. En cas de non-respect de la date d'un inventaire une relance est systématiquement faite jusqu'à validation d'un nouvel inventaire. Des documents formalisent les actions à effectuer ainsi que les différents formulaires de suivi à mettre à jour. L'ensemble a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.	



<p><b>Recommandation</b> Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.</p>	<p><b>N°</b> 91</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 383 1474 416">26</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 450">26</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 450 1356 483">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 450 1474 483">18,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 483 1356 555">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 483 1474 555">17,4</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	26	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	26	INTEGRATION SYSTEME.....	18,4	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	17,4
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>										
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	26										
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	26										
INTEGRATION SYSTEME.....	18,4										
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	17,4										
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en place des protections contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages.</p>											
<p><b>Question de l'audit</b> Avez-vous mis en place des protections spécifiques contre les ESD pour les sous-ensembles lors des manipulations et stockages?</p>											
<p><b>Niveau 1</b> La protection contre les ESD n'est pas traitée.</p>											
<p><b>Niveau 2</b> La protection contre les ESD fait l'objet de règles et pratiques non formalisées.</p>											
<p><b>Niveau 3</b> La protection contre les ESD fait l'objet de procédures validées définissant des pratiques reconnues comme protégeant les sous-ensembles.</p>											
<p><b>Niveau 4</b> La protection contre les ESD fait l'objet de procédures validées et dont le contrôle de suivi est effectif.</p>											

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production.</p>	<p><b>N°</b> 92</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 383 1474 416">4,9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 450">4,9</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,9	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,9
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,9						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,9						
<p><b>Description complémentaire</b> Un certain nombre de paramètres des moyens de production sont fournis par les outils de contrôle (sondes, capteurs, détecteurs, etc). Un suivi des ces outils de contrôle est nécessaire périodiquement (fréquence à définir) pour assurer le caractère fiable des mesures effectuées. Le delta entre le stress réellement appliqué par le moyen de production et la mesure faite de ce stress doit être minimal et parfaitement mesurable.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il des vérifications périodiques permettant le suivi des outils de contrôle des moyens de production?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification périodique pour le suivi des outils de contrôle des moyens de production n'existe.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Les outils et instruments servant au contrôle des moyens de production sont vérifiés ponctuellement mais sans suivre un plan formel de vérification.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Les outils et instruments servant au contrôle des moyens de production sont périodiquement vérifiés. Ces vérifications (fréquence et procédures) sont formalisées par des documents mais ces derniers n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Les outils et instruments servant au contrôle des moyens de production sont périodiquement vérifiés. Ces vérifications (fréquence et procédures) sont formalisées par des documents et ces derniers ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place les protections adéquates pour ne pas dégrader les sous-ensembles lors du nettoyage.</p>	<p><b>N°</b> 93</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en place les protections adéquates si nécessaire pour ne pas dégrader le sous-ensemble lors de cette activité. Ces protections ayant pour but d'isoler une partie du sous-ensemble, leur efficacité après déroulement de l'activité doit être vérifiable (contrôles, mesures).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il des protections adéquates pour ne pas dégrader les sous-ensembles lors du nettoyage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune protection spécifique n'est utilisée lors du nettoyage des sous-ensembles.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de protections sont mises en place lors de l'activité de nettoyage des sous-ensembles. Ces protections peuvent être spécifiques à certains sous-ensembles mais ne font pas l'objet de documents formels.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un certain nombre de protections sont mises en place lors de l'activité de nettoyage des sous-ensembles. L'identification des protections en fonction des types de sous-ensemble ainsi que les procédures adéquates à suivre sont formalisées en un ou plusieurs documents.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un certain nombre de protections sont mises en place lors de l'activité de nettoyage des sous-ensembles. L'identification des protections en fonction des types de sous-ensemble ainsi que les procédures adéquates à suivre sont formalisées en un ou plusieurs documents qui ont fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un autotest des outils de test permettant de déceler une anomalie éventuelle.</p>	<p><b>N°</b> 94</p>						
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></td> <td style="text-align: right;"><b>Poids</b></td> </tr> <tr> <td>FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td style="text-align: right;">5,1</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">5,1</td> </tr> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,1	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,1
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,1						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,1						
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en place un autotest des testeurs permettant de déceler une anomalie éventuelle. Aucun déroulement de test ne pourra être effectué si l'autotest n'est pas concluant ou si une dérogation tracée (autorisation de déroulement du test mais avec marquage et fiche suiveuse visée qui ne pourra plus quitter le sous-ensemble) n'accompagne pas le sous-ensemble ainsi testé.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un autotest des outils de test permettant de déceler une anomalie éventuelle avant utilisation sur le sous-ensemble?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucun autotest n'est effectué sur les testeurs.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un autotest des testeurs est effectué. Cet autotest s'effectue sans qu'aucun document formel ou étude n'en détermine l'efficacité et les limites.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Un autotest des testeurs est effectué. Cet autotest fait l'objet de documents permettant d'en connaître le niveau d'efficacité ainsi que le déroulement. Mais ces documents n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Un autotest des testeurs est effectué. Cet autotest fait l'objet de documents permettant d'en connaître le niveau d'efficacité ainsi que le déroulement. De plus, ces documents ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un contrôle croisé afin d'optimiser le contrôle final du vernissage des sous-ensembles.</p>	<p><b>N°</b> 95</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Ce contrôle croisé assure un filtrage des non-conformités avant poursuite du sous-ensemble dans le processus de production. L'activité de contrôle final est le dernier niveau pour l'identification d'erreur, pouvant dé-fiabiliser le sous-ensemble, causée par un vernissage non fiable.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un contrôle croisé afin d'optimiser le contrôle final du vernissage des sous-ensembles?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas de contrôle croisé au niveau du contrôle final du vernissage.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Lors du contrôle final de l'activité de vernissage sous-ensemble, un contrôle croisé est effectué. Cependant, cette méthode de contrôle ne fait pas l'objet d'une description formelle documentée.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Lors du contrôle final de l'activité de vernissage sous-ensemble, un contrôle croisé est effectué. L'efficacité de cette méthode a été mesurée et la procédure ainsi que la portée du contrôle sont formellement décrites dans des documents.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Lors du contrôle final de l'activité de vernissage sous-ensemble, un contrôle croisé est effectué. L'efficacité de cette méthode a été mesurée et la procédure ainsi que la portée du contrôle sont formellement décrites dans des documents validés.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un contrôle de conformité à la mise en stock magasin (exclusion des articles non conformes).</p>	<p><b>N°</b> 96</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Une étape dite de contrôle de conformité doit être identifiée et doit intervenir avant toute entrée définitive des articles en stockage. S'assurer à la réception qu'il n'y a pas d'élément non conforme et donc potentiellement dé-faillissant lors de la suite du process.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un contrôle de conformité à la mise en stock magasin avec l'exclusion des articles non conformes?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas de contrôle de conformité avant la mise en stock magasin.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Certains paramètres sont surveillés lors de la mise en stock magasin mais ceux-ci ne font l'objet d'aucune formalisation.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un réel contrôle de conformité des articles est réalisé avant la mise en stock magasin. Ce contrôle de conformité est formellement décrit (paramètres, points particuliers, etc.) au travers un ensemble de documents. Cependant, aucune autorité indépendante n'a validé ces documents.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un réel contrôle de conformité des articles est réalisé avant la mise en stock magasin. Ce contrôle de conformité est formellement décrit (paramètres, points particuliers, etc.) au travers un ensemble de documents. La pertinence des informations de ces documents ainsi que la manière dont elles sont déclinées, ont fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un contrôle du processus de production par SPC (Statistical Process Control).</p>	<p><b>N°</b> 97</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</p>	
<p style="text-align: right;"><b>Poids</b></p>	
<p style="text-align: right;">4,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> L'utilisation du procédé statistique de contrôle par réalisation de cartes SPC (Statistical Process Control) permettra de vérifier le bon déroulement de certaines activités à des moments précis de la phase de production. Le SPC est utilisé pour les activités qui ont le plus fort risque (statistique) d'avoir une non-conformité dé-fiabilisante du sous-ensemble.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un contrôle du processus de production par SPC (Statistical Process Control)?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas de contrôle du processus de production par utilisation de cartes SPC.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un moyen de contrôle du processus de production par carte SPC ou similaire existe, mais n'est pas formellement décrit dans un document.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un moyen de contrôle du processus de production par carte SPC est pratiqué. Ce contrôle statistique est formalisé et on en connaît l'efficacité par rapport au processus à contrôler.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un moyen de contrôle du processus de production par carte SPC est pratiqué. Ce contrôle statistique est formalisé et on en connaît l'efficacité par rapport au processus à contrôler. L'ensemble a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un descriptif détaillé du protocole de vernissage.</p>	<p><b>N°</b> 98</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> La particularité de l'activité de vernissage requiert une description précise du protocole et actions parallèles à suivre pour en assurer le déroulement fiable.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un descriptif détaillé du protocole de vernissage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun descriptif de la procédure de vernissage n'existe pour l'opérateur.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les différentes actions à mener pour la réalisation du vernissage sous-ensemble sont connues et sont disponibles au travers de divers documents. Cependant ces documents sont trop dispersés pour que l'opérateur puisse y voir un protocole clairement exprimé.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les différentes actions à effectuer et opérations à suivre pour réaliser le vernissage sous-ensemble font l'objet d'un document formalisant le protocole à respecter. Ce document n'a cependant pas été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les différentes actions à effectuer et opérations à suivre pour réaliser le vernissage sous-ensemble font l'objet d'un document formalisant le protocole à respecter. Ce document a de plus fait l'objet d'une lecture et validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	



<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés.</p>	<p><b>N°</b> 99</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="181 336 1356 380"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 336 1468 380"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="181 380 1356 414">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 380 1468 414">6,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 414 1356 448">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 414 1468 448">6,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 448 1356 526">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 448 1468 526">6,4</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,4	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,4	INTEGRATION SYSTEME.....	6,4
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,4								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,4								
INTEGRATION SYSTEME.....	6,4								
<p><b>Description complémentaire</b> L'utilisation involontaire de consommables périmés pouvant influencer négativement sur la qualité et par conséquent sur la fiabilité, un certain nombre de méthodes appropriées à la préservation, à l'identification et quand nécessaire au retrait des consommables incriminés doivent être mises en oeuvre. La lecture systématique de l'étiquetage avant utilisation de l'étiquette identifiant chaque produit utilisé et donnant toutes les informations liées à la péremption, permet de diminuer les risques d'utilisation de produit dégradant la fiabilité.</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un étiquetage permettant une identification et un retrait des consommables périmés?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Aucun étiquetage ou signalisation ne renseigne sur les dates de péremption des consommables.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Aucun étiquetage ou signalisation ne renseigne sur les dates de péremption des consommables.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Les consommables sont correctement identifiés via un étiquetage. L'ensemble des informations nécessaires à cette identification est formellement décrit au travers de documents, mais ces derniers n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Les consommables sont correctement identifiés via un étiquetage. L'ensemble des informations nécessaires à cette identification est formellement décrit au travers de documents qui ont fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>									

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place un traitement non différé des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie.</p>	<p><b>N°</b> 100</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... INTEGRATION EQUIPEMENT .....</p>	<p><b>Poids</b> 4,7 4,7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Cela passe par un monitoring des indicateurs de déroulement du test permettant d'intervenir immédiatement avec: - une définition des gabarits hors desquels on estime qu'il y a une anomalie, - une alarme dès détection d'une anomalie, - une suspension de l'activité en cours pour ne pas stresser le sous-ensemble, - une intervention obligatoire et correction de l'anomalie avant possibilité de reprise et poursuite de l'activité.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il un traitement temps réel des indicateurs de suivi des tests de façon à ne pas dégrader le sous-ensemble dès apparition d'une anomalie?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe pas d'indicateurs de suivi de test.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Il existe un certain nombre d'indicateur servant à identifier toute anomalie survenue lors du test. Ces indicateurs ne font pas l'objet d'un plan formel et leur traitement est différé.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Il existe un traitement non différé des indicateurs de suivi de test. Des documents formalisent la façon de traiter ces indicateurs. Cependant ces données n'ont pas été validées par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Il existe un traitement non différé des indicateurs de suivi de test. Des documents formalisent la façon de traiter ces indicateurs. Ces documents ont de plus fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Mettre en place une maintenance préventive par suivi métrologique interdisant une possibilité d'agression du sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b> 101</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Cette maintenance par suivi métrologique des paramètres des outils de production doit permettre de s'affranchir du risque de dégradation de la fiabilité d'un élément par agression du sous-ensemble (overstress). Une application de paramètres ne correspondant pas exactement à ceux prévus (température trop basse, etc) ne permet pas d'assurer le caractère fiable de l'opération.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il une maintenance préventive par suivi métrologique?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune mesure de maintenance préventive par suivi métrologique n'est mise en place.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre d'actions de métrologie s'apparentant à une maintenance préventive sont effectuées.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un réel suivi métrologique est inscrit au plan de maintenance préventive qui est appliqué. Un ou plusieurs documents formalisent ces actions même s'ils n'ont pas fait l'objet d'une validation par un organisme indépendant de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un réel suivi métrologique est inscrit au plan de maintenance préventive qui est appliqué. Un ou plusieurs documents formalisent ces actions même, de plus ce plan de maintenance préventive a été validé par un organisme indépendant de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Ne valider et autoriser le fonctionnement des étuves qu'en contrôlant les dérives et dysfonctionnements (par sondes et autres surveillances).</p>	<p><b>N°</b> 102</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6,1</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> L'activité doit s'effectuer sous un contrôle permanent d'un certain nombre de paramètres fondamentaux et il doit être possible d'identifier si durant celle-ci, le sous-ensemble a subi un overstress ou a été victime d'un dysfonctionnement.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Pour valider ou autoriser le fonctionnement des étuves, utilise t-on un contrôle des dérives et dysfonctionnements (par sondes et autres surveillances)?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification particulière ne conditionne le fonctionnement des étuves.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre d'indicateurs de dysfonctionnement existent sur les étuves. Ceux-ci peuvent renseigner l'opérateur désirant procéder à un étuvage d'un sous-ensemble. Néanmoins aucun document formel ne sert de référence pour prononcer une quelconque autorisation de fonctionnement.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un réel contrôle des éventuelles dérives et des indicateurs de dysfonctionnements est fait par l'opérateur. Des documents servent de référence pour autoriser le fonctionnement des étuves, même s'il n'ont pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un réel contrôle des éventuelles dérives et des indicateurs de dysfonctionnements est fait par l'opérateur. Des documents servent de référence pour autoriser le fonctionnement des étuves. Ces documents ont fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Négocier les exigences de fiabilité avec le donneur d'ordre.</p>	<p><b>N°</b> 103</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> SPECIFICATION .....</p>	<p><b>Poids</b> 10,7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Les exigences de Fiabilité devront être négociées pour tenir compte de l'état de l'art technologique et de l'optimisation coût performance de la conception du produit et des études de Fiabilité. Pour un objectif initial demandé par le donneur d'ordre, une étude du maître d'œuvre va évaluer le coût d'obtention des performances de Fiabilité et proposer des alternatives de façon à optimiser le coût d'obtention des performances de Fiabilité. Les résultats des négociations seront intégrés dans l'offre finale remise au donneur d'ordre.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Prend-on en compte l'état de l'art technologique et l'optimisation coût performance de la conception du produit lors des négociations des exigences de fiabilité avec le client?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de Négociation, exigences fixées.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Négociations informelles, ou après la signature du contrat.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Négociations avec le donneur d'ordre menant à une optimisation coûts/ performances de l'obtention des performances de Fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Négociations avec le donneur d'ordre menant à une optimisation coût/ performance/ de l'obtention des performances de Fiabilité, existence d'un document officiel décrivant cette négociation.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Nommer un responsable des études de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 104</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 8,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Nommer sur chaque affaire un responsable fiabilité qui sera le garant de la tenue des objectifs de fiabilité du produit. Cette personne devra rendre compte de l'avancement des études, et des problèmes rencontrés.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  A-t-on nommé un responsable des études de fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun responsable des études de fiabilité n'est identifié.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Il existe un responsable des études de fiabilité dans la pratique, mais aucun enregistrement de sa nomination n'est disponible.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un responsable des études de fiabilité a été formellement nommé, il est formé et à de l'expérience dans le domaine de la fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un responsable des études de fiabilité a été nommé et intégré dans le projet, il est formé et a l'expérience requise dans le domaine, Celui-ci, rend compte régulièrement de l'avancement des études lors de réunion ou par des comptes rendus.</p>	

<b>Recommandation</b> Organiser des réunions périodiques avec le sous-contractant sur la fiabilité.	<b>N°</b> 105
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 5,7
<b>Description complémentaire</b> Organiser des réunions périodiques avec le sous-contractant où sont abordés systématiquement les aspects fiabilité du produit sous-traité.	
<b>Question de l'audit</b> Des réunions périodiques avec le sous-contractant sur la fiabilité sont-elles organisées?	
<b>Niveau 1</b> Aucune réunion périodique avec le sous-contractant où sont abordés systématiquement les aspects fiabilité du produit sous-traité n'est prévue et n'a lieu.	
<b>Niveau 2</b> Bien que n'étant pas prévues des réunions ont lieu avec le sous-contractant où les aspects fiabilité sont traités.	
<b>Niveau 3</b> Des réunions périodiques avec le donneur d'ordre ou les aspects fiabilité sont traités sont prévues dans des plans affaires. Celles-ci ont lieu aléatoirement.	
<b>Niveau 4</b> Des réunions périodiques avec le donneur d'ordre ou les aspects fiabilité sont traités sont prévues dans des plans affaires, celles ci ont lieu conformément au plan / à leur planification.	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Organiser une revue de conception où les aspects Fiabilité sont traités.	106
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
SPECIFICATION .....	10,3
CONCEPTION .....	12,1
<b>Description complémentaire</b>	
Organiser une revue de la conception. Vérifier que les exigences de fiabilité sont respectées. Seront définies: - les allocations de fiabilité, - les conditions d'utilisation (profil de vie).	
<b>Question de l'audit</b>	
Une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités est-elle organisée?	
<b>Niveau 1</b> Pas de revue de conception.	
<b>Niveau 2</b> Organisation d'une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités de façon incomplète ou traités par des non spécialistes de fiabilité.	
<b>Niveau 3</b> Organisation d'une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités de façon complète par des spécialistes de fiabilité.	
<b>Niveau 4</b> Organisation d'une revue de conception où les aspects fiabilité sont traités de façon complète par des spécialistes de fiabilité. Une procédure ou un plan impose cette revue.	



<p><b>Recommandation</b> Organiser une revue des exigences produit où les aspects Fiabilité sont traités.</p>	<p><b>N°</b> 107</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>SPECIFICATION ..... 10,3</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Organiser une revue des exigences, vérifier que toutes les exigences de fiabilité sont identifiées et qu'il y a compréhension entre donneur d'ordre et fournisseur. Ces exigences doivent être validables, atteignables et vérifiables (moyens de conformité).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Une revue des exigences qui traite des aspects fiabilité est-elle organisée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune revue d'exigence.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une revue des exigences informelle a été mise en place (ou est prévue selon l'avancement de l'affaire). Aucun enregistrement de la participation des personnes chargées de l'ingénierie fiabilité à cette revue n'est disponible.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une revue des exigences a été mise en place (ou est prévue selon l'avancement de l'affaire). Les personnes chargées de l'ingénierie fiabilité ont été consultées pour participer à la revue ou validation des documents, des enregistrements de cette participation existent.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une revue des exigences a été mise en place (ou est prévue selon l'avancement de l'affaire). Les personnes chargées de l'ingénierie fiabilité ont été consultées pour participer à la revue ou validation des documents, des enregistrements de cette participation existent. Une procédure ou un plan impose cette revue.</p>	

<b>Recommandation</b> Planifier le déroulement des tâches en incorporant celles relatives à la fiabilité.	<b>N°</b> 108
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 6,3
<b>Description complémentaire</b> Intégrer aux différents plannings de l'affaire les informations relatives aux tâches d'ingénierie système.	
<b>Question de l'audit</b> Les tâches relatives à la fiabilité sont-elles prises en compte dans les plannings affaires?	
<b>Niveau 1</b> Les tâches de fiabilité ne sont pas planifiées.	
<b>Niveau 2</b> Les tâches de fiabilité à réaliser sont identifiées mais ne sont pas décrite dans un plan.	
<b>Niveau 3</b> Les tâches de fiabilité sont décrites et font l'objet d'un planning.	
<b>Niveau 4</b> Les tâches de fiabilité sont décrites et font l'objet d'un planning relié aux autres plannings de l'entreprise.	

<p><b>Recommandation</b> Planifier le processus de communication avec le sous-contractant.</p>	<p><b>N°</b> 109</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 4,1</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Intégrer dans le plan de management affaire les dispositifs de "communication sur des aspects fiabilité" avec le sous-contractant: fréquence et nature des réunions, ordre du jour permanent, contenu des comptes-rendus, aspects fiabilité des communications.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les tâches relatives à la fiabilité sont-elles prises en compte dans les plannings affaires?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune communication ayant trait à la fiabilité n'existe avec le sous- traitant.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une communication avec le sous-contractant existe sur des aspects fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les dispositions relatives à la communication avec le sous-traitant sur les aspects fiabilité sont décrites dans un plan de management affaire, mais seule une application partielle de ces dispositions est démontrée.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les dispositions relatives à la communication avec le sous-traitant sur les aspects fiabilité sont décrites dans un plan de management affaire, et appliquées (preuves de cette application).</p>	

<b>Recommandation</b> Planifier les activités de fiabilité dont la croissance de fiabilité.	<b>N°</b> 110
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 9,1
<b>Description complémentaire</b> Planifier dans le plan de fiabilité les activités liées à la croissance de fiabilité. Décrire des activités(fondamentales) liées à la croissance de fiabilité dans des plans et les réaliser complètement avec des enregistrements de ces actions.	
<b>Question de l'audit</b> Les activités de fiabilité dont la croissance de fiabilité, sont-elles organisées?	
<b>Niveau 1</b> Aucune activité liée à la croissance de fiabilité du produit n'a été planifiée ou réalisée.	
<b>Niveau 2</b> Des activités liées à la croissance de fiabilité existent mais n'apparaissent pas dans des plans spécifiques.	
<b>Niveau 3</b> Des activités liées à la croissance de fiabilité (fondamentales) sont décrites dans des plans et sont réalisées partiellement.	
<b>Niveau 4</b> Des activités (fondamentales) liées à la croissance de fiabilité sont décrites dans des plans et sont réalisées complètement avec des enregistrements de ces actions.	

<p><b>Recommandation</b> Planifier les études de fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 111</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,3</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Planifier des études de fiabilité pour garantir la tenue des objectifs de fiabilité du produit et assurer la synchronisation entre les études de fiabilité et la conception du produit.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les études de fiabilité, sont-elles planifiées?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune planification des études de fiabilité n'est faite.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les études de fiabilité, bien que faisant l'objet d'un calendrier n'apparaissent pas sur un planning.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les études de fiabilité apparaissent sur le planning du projet.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les études de fiabilité apparaissent sur le planning du projet. La synchronisation entre le déroulement du projet et les études de fiabilité est formalisée (jalons, points d'arrêt etc.).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Posséder des sécurités hautes et basses reliées aux moyens de contrôle et surveillance (arrêt systématique du cycle et analyse par un technicien avant relance).</p>	<p><b>N°</b> 112</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....5,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Posséder des sécurités hautes et basses reliées aux moyens de contrôle et surveillance (arrêt systématique du cycle et analyse par un technicien avant relance).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Des sécurités hautes et basses reliées aux moyens de contrôle et surveillance (arrêt systématique du cycle et analyse par un technicien avant relance) sont-elles prévues?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Il n'existe aucune valeur des paramètres de contrôle engendrant un arrêt systématique de l'activité lorsque cette valeur est atteinte.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les moyens de contrôle et surveillance peuvent engendrer une interruption de l'activité. Cependant, il n'existe pas de document indiquant les valeurs au delà desquelles on doit avoir systématiquement arrêt.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des sécurités basses et hautes sur les moyens de contrôle et de surveillance existent. Elles sont formellement identifiées dans un document et procédures d'arrêt propre à chaque moyen.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des sécurités basses et hautes sur les moyens de contrôle et de surveillance existent. Elles sont formellement identifiées dans un document propre à chaque moyen. De plus, ces documents et procédures d'arrêt ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b> Posséder les enregistrements des contrôles et essais.	<b>N°</b> 113
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,3
INTEGRATION SYSTEME.....	5,3
<b>Description complémentaire</b> Les enregistrements apportant la preuve que le produit a subi les contrôles et/ou les essais conformément aux critères définis doivent être établis et conservés. Les enregistrements doivent permettre d'identifier la personne ayant effectué les contrôles et la libération du produit. Les enregistrements d'essais doivent indiquer les valeurs mesurées lorsqu'elles sont exigées par la spécification ou le plan de réception. Si spécifié, le fournisseur doit démontrer la qualification du produit.	
<b>Question de l'audit</b> Établie-t-on et conserve-t-on des enregistrements apportant la preuve que le produit a subi les contrôles et/ou les essais conformément aux critères définis? Les enregistrements permettent-ils d'identifier la personne ayant effectué les contrôles?	
<b>Niveau 1</b> Des enregistrements des contrôles et essais sont établis mais non conservés.	
<b>Niveau 2</b> Des enregistrements des contrôles et essais sont établis et conservés mais ne permettent pas d'identifier la source du contrôle (personnes, machine).	
<b>Niveau 3</b> Des enregistrements des contrôles et essais sont établis et conservés et permettent d'identifier la source du contrôle (personnes, machine).	
<b>Niveau 4</b> Des enregistrements apportent la preuve que le produit a subi les contrôles et/ou les essais conformément aux critères définis. Les enregistrements permettent d'identifier la personne ayant effectué les contrôles et autorisé la libération du produit. Les enregistrements d'essais indiquent les valeurs mesurées lorsqu'elles sont exigées par la spécification ou le plan de réception.	

<p><b>Recommandation</b> Posséder un dossier de contrôle.</p>	<p><b>N°</b> 114</p>								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="181 302 1356 347"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 302 1474 347"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="181 347 1356 380">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 347 1474 380">5,7</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 380 1356 414">INTEGRATION SYSTEME.....</td> <td data-bbox="1356 380 1474 414">5,7</td> </tr> <tr> <td data-bbox="181 414 1356 488">EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....</td> <td data-bbox="1356 414 1474 488">5,7</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,7	INTEGRATION SYSTEME.....	5,7	EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	5,7
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>								
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,7								
INTEGRATION SYSTEME.....	5,7								
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	5,7								
<p><b>Description complémentaire</b> Le dossier de contrôle doit contenir: les critères pour l'acceptation et le refus, une liste séquentielle des opérations de contrôles et d'essais à effectuer, les documents d'enregistrement des résultats de contrôle, une liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques, les documents associés aux instruments de contrôle spécifiques permettant leur conception, leur production, leur validation, leur gestion, leur utilisation et leur maintenance .</p>									
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un dossier de contrôle regroupant les critères d'acceptation, la liste séquentielle des opérations de contrôle et d'essais, les documents d'enregistrement des résultats de contrôles, la liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques?</p>									
<p><b>Niveau 1</b> Pas de dossier de contrôle.</p>									
<p><b>Niveau 2</b> Le dossier de contrôle se limite à la définition des critères d'acceptation ou de refus.</p>									
<p><b>Niveau 3</b> Le dossier de contrôle définit des critères d'acceptation ou de refus, ainsi que la liste des opérations à effectuer. Il propose des documents d'enregistrement des résultats de contrôle.</p>									
<p><b>Niveau 4</b> Le dossier de contrôle contient: la définition des critères d'acceptation ou de refus, la liste séquentielle des opérations de contrôle et d'essais à effectuer, les documents d'enregistrement des résultats de contrôle, la liste des instruments de contrôle spécifiques et non spécifiques, les documents associés aux instruments de contrôle spécifiques permettant leur conception, leur production, leur validation, leur gestion, leur utilisation et leur maintenance.</p>									



<p><b>Recommandation</b> Posséder un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes utilisées afin de ne pas dé fiabiliser le sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b> 115</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Posséder un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes utilisées afin de ne pas dé-fiabiliser le sous-ensemble. En effet, les risques de pénétration d'humidité dégradant la fiabilité du sous-ensemble sont forts si certaines précautions ne sont pas respectées par l'opérateur.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes de vernissage utilisée afin de ne pas dé fiabiliser le sous-ensemble?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun plan spécifique à la méthode de retrait des épargnes n'existe.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le retrait des épargnes se fait selon une méthode particulière mais aucun document formel ne la décrit.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes après vernissage des sous-ensembles est appliqué par les opérateurs. Ce plan est formellement décliné au travers de documents spécifiques.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un plan de qualification de la méthode de retrait des épargnes après vernissage des sous-ensembles est appliqué par les opérateurs. Ce plan est formellement décliné au travers de documents spécifiques qui ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b> Posséder une documentation spécifique à la non-conformité.	<b>N°</b> 116
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	11,1
INTEGRATION SYSTEME.....	11,1
EXPLOITATION ET MAINTENANCE .....	11,1
<b>Description complémentaire</b> Les documents de non-conformité doivent préciser: l'identification du produit, la description de la non-conformité, la cause de la non-conformité, les actions prises pour éviter la récurrence de la non-conformité, les retouches ou réparations si nécessaire, le contrôle des caractéristiques affectées par la retouche ou les réparations, la décision finale.	
<b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une documentation spécifique à la non-conformité?	
<b>Niveau 1</b> Il n'y a pas de documentation spécifique à la non conformité.	
<b>Niveau 2</b> La documentation spécifique à la non conformité a un rôle unique d'identification du produit non conforme.	
<b>Niveau 3</b> Les documents de non-conformité précisent l'identification du produit, la description de la non-conformité, la cause de la non-conformité. Cependant les actions ne sont pas formalisées pour éviter la récurrence de la non-conformité, les retouches ou réparations si nécessaire et le contrôle des caractéristiques affectées par la retouche ou les réparations.	
<b>Niveau 4</b> Les documents de non-conformité précisent l'identification du produit, la description de la non-conformité, la cause de la non-conformité. Des actions sont formalisées pour éviter la récurrence de la non-conformité, les retouches ou réparations si nécessaire et le contrôle des caractéristiques affectées par la retouche ou les réparations.	

<p><b>Recommandation</b> Prendre en compte la politique de maintenance du produit (demande du donneur d'ordre).</p>	<p><b>N°</b> 117</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> SPECIFICATION ..... 5,8</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> La politique de maintenance demandée par le donneur d'ordre est à prendre en compte dans cette activité de manière à préserver la fiabilité du produit dans le temps.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est prise en compte la politique de maintenance du produit (demandée par le client)?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> La politique de maintenance du produit n'est pas définie.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> La politique de maintenance est définie sans prendre en compte les aspects fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> La politique de maintenance est définie en prenant en compte les aspects fiabilité (identification et suivi des éléments critiques).</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La politique de maintenance du produit permettant de préserver la fiabilité du produit dans le temps est parfaitement définie et fait l'objet d'un document. Participation des responsables fiabilité à la définition de la politique de maintenance (identification et suivi des éléments critiques).</p>	

<p><b>Recommandation</b> Préserver la fiabilité du produit en production.</p>	<p><b>N°</b> 118</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 8,1</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Préserver la fiabilité du produit en production: Analyser les dégradations potentielles qui pourraient intervenir lors des opérations de production, intégration durant la phase de conception (Exemple: AMDEC Processus).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Prend-on des mesures pour préserver la fiabilité du produit en production?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune analyse des dégradations potentielles qui pourraient intervenir lors des opérations de production n'est faite.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Quelques analyses ponctuelles de dégradations intervenues lors d'opérations de production, sont réalisées de façon à remédier à des défauts constatés.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une AMDEC Processus a été faite au moins une fois pour évaluer et réduire les risques de dégradation de la fiabilité des produits.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une AMDEC Processus est faite systématiquement pour évaluer et réduire les risques de dégradation de la fiabilité des nouveaux produits ou gammes de produits.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Prévoir des consultations périodiques des donneurs d'ordre liées aux aspects fiabilité.	119
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	7,3
<b>Description complémentaire</b>	
Consulter régulièrement les donneurs d'ordre sur les aspects fiabilité opérationnelle et prendre en compte ces remarques pour la conception des nouveaux produits.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il des consultations périodiques de prévues avec les clients pour les aspects fiabilité?	
<b>Niveau 1</b> Aucun retour des donneurs d'ordre sur sa perception de la fiabilité des produits n'est disponible.	
<b>Niveau 2</b> Des retours issus des donneurs d'ordre concernant la fiabilité sont disponibles, mais très peu sont exploités.	
<b>Niveau 3</b> Les retours issus des donneurs d'ordre concernant la fiabilité sont disponibles et exploités pour améliorer la conception, le développement et la production du produit.	
<b>Niveau 4</b> L'entreprise consulte régulièrement ses donneurs d'ordre sur la fiabilité de ses produits (entretiens formels ou enquête par questionnaires). Ces retours sont exploités et font l'objet de plan d'actions dont les résultats sont diffusés au donneur d'ordre. L'efficacité de ce processus peut être démontrée par la satisfaction du donneur d'ordre.	

<p><b>Recommandation</b> Prévoir une étape de contrôle (même visuel) du bon déroulement de l'activité de la pose d'épargnes avant vernissage.</p>	<p><b>N°</b> 120</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....6,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Prévoir une étape de contrôle (même visuel) du bon déroulement de la pose d'épargnes pour le vernissage.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une étape de contrôle (même visuel) du bon déroulement de l'activité de la pose d'épargnes avant vernissage?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun contrôle visuel particulier n'est réalisé lors de la pose des épargnes avant vernissage.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un contrôle propre à la pose des épargnes pour le vernissage est réalisé, cependant aucun document ne décrit la procédure à respecter pour faire ce contrôle.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une étape de contrôle propre à la pose des épargnes pour le vernissage est réalisée. Ce contrôle particulier fait l'objet d'une procédure correctement formalisée. Ces documents n'ont cependant pas été validés par une autorité indépendante.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une étape de contrôle propre à la pose des épargnes pour le vernissage est réalisée. Ce contrôle particulier fait l'objet d'une procédure correctement formalisée. Ces documents ont été validés par une autorité indépendante.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Prévoir une maintenance préventive permettant de déceler une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b>                  121</p>						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th style="text-align: right;"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td style="text-align: right;">4,7</td> </tr> <tr> <td>INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td style="text-align: right;">4,7</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,7	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,7
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	4,7						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	4,7						
<p><b>Description complémentaire</b>                  Prévoir (par la mise en oeuvre d'un plan relevant d'une stratégie de maintenance) une maintenance préventive permettant de déceler une anomalie éventuelle avant utilisation sur le sous-ensemble.                  Cette maintenance doit faire l'objet d'un plan de maintenance donnant la périodicité, les paramètres à vérifier, les niveaux critiques, les marges; etc.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b>                  Y a-t-il une maintenance préventive permettant de déceler une anomalie éventuelle, avant utilisation d'un moyen de production sur un sous-ensemble?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucun plan de maintenance préventive n'existe au niveau de la production.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de paramètres sont à vérifier dans le cadre d'une maintenance préventive. Ces points ne sont pas exhaustif et ne font pas l'objet d'un document formel.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Une maintenance préventive sur les moyens de production existe. Celle-ci est déclinée en un plan de maintenance documenté.                  L'ensemble de ce plan n'a pas fait l'objet d'une validation.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Une maintenance préventive sur les moyens de production existe. Celle-ci est déclinée en un plan de maintenance documenté qui a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<b>Recommandation</b> Rédiger un Plan de Fiabilité	<b>N°</b> 122
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> SPECIFICATION .....	<b>Poids</b> 7,6
<b>Description complémentaire</b> Un Plan de Fiabilité est rédigé, ou un Plan de Développement traite complètement les aspect fiabilité.	
<b>Question de l'audit</b> A-t-on rédigé un Plan de Fiabilité pour le produit?	
<b>Niveau 1</b> Aucun plan de fiabilité n'a été rédigé.	
<b>Niveau 2</b> Le plan de fiabilité est rédigé mais n'est pas formalisé.	
<b>Niveau 3</b> Le plan de fiabilité est rédigé et validé par le projet. Ce document rédigé initialement n'est pas mis à jour.	
<b>Niveau 4</b> Le plan de fiabilité est rédigé et validé par le projet. Ce document est maintenu tout au long du projet suivant les événements susceptibles de le faire évoluer.	



<p><b>Recommandation</b> Rédiger un plan de management où sont identifiées les compétences clés (spécialistes).</p>	<p><b>N°</b> 123</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> CONCEPTION ..... 17,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que les ajustements au référentiel sont précisés dans le plan de management. S'assurer que les compétences sont engagées sur le projet dans le plan de management et qu'il existe une planification.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un plan de management de la fiabilité, identifiant les compétences clés (spécialistes)?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de plan de management, ni planning décrivant les tâches à accomplir. Pas d'organisation mise en place.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence de plan de management incomplet: ne précisant pas les éventuels ajustements au référentiel, Planning décrivant les tâches à accomplir et organisation mise en place imprécis: incompatible avec les ressources disponibles.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence de plan de management incomplet: ne précisant pas les éventuels ajustements au référentiel, Planning décrivant les tâches à accomplir et organisation mise en place précis mais non validés.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence de plan de management complet: précisant les éventuels ajustements au référentiel, Planning décrivant les tâches à accomplir et organisation mise en place précise et validées: bonne adéquation avec le plan de charge de la société.</p>	

<b>Recommandation</b> Rédiger une procédure d'acceptation.	<b>N°</b> 124
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....	<b>Poids</b> 7,8
<b>Description complémentaire</b> S'assurer qu'il existe une procédure d'acceptation et sa pertinence. La procédure d'acceptation est rédigée à partir d'un dossier de définition et d'un dossier de fabrication orienté test décrivant les boîtiers adjacents, présentant un descriptif fonctionnel, les entrées/sorties, les points clé de fabrication.	
<b>Question de l'audit</b> Existe-t-il une procédure d'acceptation pour les tests en production?	
<b>Niveau 1</b> Pas de procédure d'acceptation.	
<b>Niveau 2</b> Existence d'une procédure d'acceptation mais réalisée en production indépendamment des équipes de développement.	
<b>Niveau 3</b> Existence d'une procédure d'acceptation réalisée au cours du développement intégrant les suivis de configuration mais non validée et non traçée.	
<b>Niveau 4</b> La procédure d'acceptation est adaptée au produit (preuve de traçabilité d'application au produit et sa configuration) et validée.	

<p><b>Recommandation</b> Respecter un délai de repos entre chaque phases de reports pour ne pas overstresser le sous-ensemble.</p>	<p><b>N°</b> 125</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6,4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Entre chaque phase de report, attendre le temps nécessaire à atteindre l'équilibre thermique pour ne pas overstresser le sous-ensemble. Une procédure doit spécifier ce besoin et décrire le mode opératoire.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Respecte-t-on un délai de repos entre chaque sérigraphie pour ne pas overstresser le sous-ensemble?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune temporisation particulière n'est respectée entre les différentes phases de reports sur un sous-ensemble.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un certain nombre de mesures sont mises en oeuvre lors du report composant pour respecter le temps d'attente nécessaire entre deux phases de reports pour ne pas défiabiliser le sous-ensemble. Aucun document ne formalise cependant ces actions.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un document décrit explicitement les délais et actions à respecter au niveau du report des composants. Ce document n'a cependant pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un document décrit explicitement les délais et actions à respecter au niveau du report des composants. Ce document a de plus été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Réviser et robustifier les plans de maintenance des moyens de production pour éliminer toute possibilité de dégradation sur les connexions des composants.</p>	<p><b>N°</b> 126</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> L'ensemble des opérations de maintenance préventive et corrective pour le maintien en condition des moyens et outils de production, doit faire l'objet d'un plan révisé périodiquement afin d'éviter toute utilisation d'un outil dont les paramètres auraient évolué (dérives, etc) et pouvant ainsi engendrer des dommages (déformations physiques des connexions d'un composant) lors des opérations de placement.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les plans de maintenance des moyens de production pour éliminer toute possibilité de dégradation sur les connexions des composants sont-ils révisés et robustifiés?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune révision et enregistrement du plan de maintenance des moyens de production portant spécifiquement sur la manipulation de composant n'existe.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les plans de maintenance des moyens de production sont révisés mais aucun document ne décrit formellement la fréquence de ces révisions, ni les points particuliers susceptibles d'évoluer.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une documentation décrit les points à réviser et robustifier en terme de maintenance des moyens de production. La fréquence de ces révisions et l'ensemble des actions visant à diminuer les possibilités de dégradations par dérives des paramètres n'a cependant pas fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une documentation décrit les points à réviser et robustifier en terme de maintenance des moyens de production. La fréquence de ces révisions et l'ensemble des actions visant à éliminer les possibilités de dégradations par dérives des paramètres à été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer de la maîtrise de la préparation du vernis (dosage) par une procédure qualifiée et des mesures de contrôle.</p>	<p><b>N°</b> 127</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....5,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer de la maîtrise de la préparation du vernis (dosage) par une procédure qualifiée et des mesures permettant le contrôle avant utilisation.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on de la maîtrise de la préparation du vernis (dosage) par une procédure qualifiée et des mesures de contrôle?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune procédure qualifiée ou contrôle n'assure de la qualité du vernis préparé.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> La préparation du vernis est maîtrisée par le contrôle d'un certain nombre de points. Cependant aucun document ne formalise cette vérification.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> La préparation du vernis est maîtrisée par le contrôle d'un certain nombre de points. Ces points ainsi que la procédure à suivre est formalisée en un document.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La préparation du vernis est maîtrisée par le contrôle d'un certain nombre de points. Ces points ainsi que la procédure à suivre est formalisée en un document qui a fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante.</p>	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer de la sensibilisation des opérateurs et étudier comment effectuer des mises à jour en temps réel de leur compétence.</p>	<p><b>N°</b> 128</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</p>	<p><b>Poids</b> 4,4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer de la sensibilisation des opérateurs aux activités du test final et étudier comment effectuer des mises à jour de leurs compétences en temps réel.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on de la sensibilisation des opérateurs et étudie-t-on comment effectuer des mises à jour en temps réel de leurs compétences?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun plan de sensibilisation et de mise à niveau des connaissances des opérateurs n'est mis en place.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> La sensibilisation des opérateurs aux activités particulières ainsi que la mise à jour ponctuelle de leurs compétences sont assurées. Cependant, aucun document ne formalise ces actions.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> La sensibilisation des opérateurs aux activités particulières ainsi que la mise à jour ponctuelle de leurs compétences selon les besoins sont assurées. Ces actions font l'objet de documents décrivant avec soin les actions à respecter. Mais ces documents n'ont pas été validés.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La sensibilisation des opérateurs aux activités particulières ainsi que la mise à jour ponctuelle de leurs compétences selon les besoins sont assurées. Ces actions font l'objet de documents décrivant avec soin les actions à respecter et une validation de ces documents par une autorité indépendante de l'exécutant, a été réalisée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer de l'efficacité du contrôle final qualité du vernissage par une application stricte de la procédure de contrôle.</p>	<p><b>N°</b> 129</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,2</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer de l'efficacité du contrôle final du vernissage par une application stricte de la procédure de contrôle. Cet ultime contrôle doit vérifier que le sous-ensemble a passé chaque étape élémentaire et son contrôle associé (vérification des différentes validations des documents adjoints au sous-ensemble) en respectant une procédure formalisée.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on de l'efficacité du contrôle final qualité du vernissage par une application stricte de la procédure de contrôle?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune procédure ne décrit ce contrôle final.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le contrôle final de l'ensemble des activités de vernissage s'effectue en passant en revue un certain nombre de points jugés critiques, même si un document n'est pas formellement respecté pour effectuer ces actions.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le contrôle final de l'ensemble des activités de vernissage s'effectue en passant en revue un certain nombre de points jugés critiques. Les différentes actions à effectuer font l'objet d'une procédure documentée.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le contrôle final de l'ensemble des activités de vernissage s'effectue en passant en revue un certain nombre de points jugés critiques. Les différentes actions à effectuer font l'objet d'une procédure documentée. Ce document a de plus, été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer de l'existence de la documentation d'analyse nécessaire à l'évaluation de la fiabilité.</p>	<p><b>N°</b> 130</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION ..... 7,5</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer qu'il existe une documentation du projet permettant d'évaluer correctement la fiabilité.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une documentation d'analyse pour l'évaluation de la fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les données utilisées ne sont pas tracées.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le dossier de définition (DD) comporte des études mais pas à jour (cohérent avec le reste du dossier) ni validé.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le dossier de définition comporte des études à jour, mais non validé.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le dossier de définition comporte des études à jour et est validé.</p>	



<p><b>Recommandation</b> S'assurer de l'existence de règles en conception pour adapter le choix d'un composant pour une fiabilité donnée.</p>	<p><b>N°</b> 131</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....</p>	<p><b>Poids</b> 12,7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer qu'il existe une méthodologie de conception imposant que les concepteurs appliquent des règles visant à améliorer la fiabilité. S'assurer qu'il y a vérification d'application des règles.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il des règles en conception pour adapter le choix d'un composant pour une fiabilité donnée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de règles en conception orientées fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence de règles mais non formalisées (ni mises à jour ni validées), non retranscrites, non validées.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence de règles formalisées, mises à jour, mais non validées.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence de règles formalisées, mises à jour et validées.</p>	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer de l'existence d'une définition des points de test production et de l'application des recommandations de test.</p>	<p><b>N°</b> 132</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> CONCEPTION ..... 6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que les contraintes de l'opération de test, précisées par le responsable de test, sont intégrées dans la définition du produit par le développeur. Existence d'une méthodologie de test précise.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il une définition des points de test et une application des recommandations pour les tests en production?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> La production n'a pas d'information sur la méthode d'application du test sur le produit.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le responsable de production a connaissance de la façon dont seront menées les opérations de test et a participé aux recommandations de test.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le responsable de production a connaissance de la façon dont seront menées les opérations de test et a participé aux recommandations de test. Existence d'un recueil validé de recommandations explicitant la façon de réalisation des tests mais pas de garantie de leurs applications.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les responsables de production participent à la définition du test production. Existence d'un recueil validé de recommandations explicitant la façon de réalisation des tests avec preuve d'application des recommandations.</p>	

<b>Recommandation</b> S'assurer de l'existence d'une procédure de qualification produit / process.	<b>N°</b> 133
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....	<b>Poids</b> 7,2
<b>Description complémentaire</b> Pour les process de fabrication, s'assurer qu'il existe une procédure de qualification produit / process.	
<b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une procédure de qualification des produits et du processus de fabrication?	
<b>Niveau 1</b> Pas de procédure de qualification produit / process.	
<b>Niveau 2</b> Les procédés de fabrication sont mis en adéquation informelle avec le produit. Celle-ci n'est ni tracée, ni validée.	
<b>Niveau 3</b> Les procédés de fabrication sont mis en adéquation formellement avec le produit, mais non validés.	
<b>Niveau 4</b> Le référentiel entreprise impose une procédure de qualification produit/ process.	

<b>Recommandation</b> S'assurer de l'existence d'une procédure de qualification produit/fournisseur.	<b>N°</b> 134
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....	<b>Poids</b> 7,6
<b>Description complémentaire</b> S'assurer que les fournisseurs sont qualifiés et suivent les aspects: - pérennité, - suivi qualité.	
<b>Question de l'audit</b> Y a-t-il une procédure de qualification produit/fournisseur?	
<b>Niveau 1</b> Les fournisseurs ne sont pas qualifiés.	
<b>Niveau 2</b> Une qualification partielle des fournisseurs est réalisée de façon informelle.	
<b>Niveau 3</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une qualification des fournisseurs selon le critère de fiabilité (et ou qualité de fabrication), celle-ci est effective et basée sur l'analyse de données fournies par les fournisseurs.	
<b>Niveau 4</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une sélection des fournisseurs selon le critère de fiabilité (et ou qualité de fabrication), celle-ci est effective et basée sur des activités formelles: (entretien avec les fournisseurs, analyse des prestations antérieures, audits, certification ISO).	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
S'assurer de l'existence d'une qualification de fabrication du nouveau composant.	135
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	7,2
<b>Description complémentaire</b>	
S'assurer qu'il existe une procédure de qualification afin d'évaluer les risques liés à l'utilisation du composant de nouvelle technologie (par extrapolation d'utilisation en environnement similaire par exemple).	
<b>Question de l'audit</b>	
Les nouveaux composants sont-ils qualifiés avant leur utilisation?	
<b>Niveau 1</b> Pas de procédure.	
<b>Niveau 2</b> Existence de règles informelles.	
<b>Niveau 3</b> Existence d'une procédure.	
<b>Niveau 4</b> Existence d'une procédure gérée et suivant l'évolution des technologies et validée des services techniques compétents.	

<b>Recommandation</b> S'assurer que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue.	<b>N°</b> 136
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,1
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,1
INTEGRATION SYSTEME.....	5,1
<b>Description complémentaire</b> S'assurer que la procédure de mise en oeuvre des moyens à un poste de production est connue par celui qui réalisera la tâche.	
<b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on que la procédure de mise en oeuvre des moyens est connue ?	
<b>Niveau 1</b> Aucune procédure n'existe ou l'opérateur n'y a pas accès au poste de travail.	
<b>Niveau 2</b> Une procédure décrivant explicitement la mise en oeuvre des moyens de production au poste existe. Cependant l'opérateur peut mettre en oeuvre les moyens sans assurance qu'il en ait pris connaissance. Le format proposé est inadapté pour assurer une prise de connaissance systématique.	
<b>Niveau 3</b> Une procédure décrivant explicitement la mise en oeuvre des moyens de production au poste existe. Celle-ci est formalisée d'une façon qui oblige l'opérateur à en avoir connaissance avant la mise en oeuvre des moyens (avertissement visuel lors du lancement du moyens, etc).	
<b>Niveau 4</b> Une procédure décrivant explicitement la mise en oeuvre des moyens de production au poste existe. Celle-ci est formalisée d'une façon qui oblige l'opérateur à en prendre connaissance avant la mise en oeuvre des moyens (avertissement visuel lors du lancement du moyens, etc.). Ce formalisme a de plus été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.	

<p><b>Recommandation</b> S'assurer que le calcul prévisionnel de fiabilité est effectué avec un outil reconnu (FIDES, MIL-HDBK-217 recalé, retour d'expérience propriétaire ou autre méthode).</p>	<p><b>N°</b> 137</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....</p>	<p><b>Poids</b> 7,7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que le calcul prévisionnel de fiabilité est effectué avec un outil reconnu associé à la méthodologie de calcul retenue.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Y a-t-il un outil de calcul de fiabilité formalisé? Y a-t-il un choix de recueil de fiabilité (FIDES, MIL-HDBK-217 recalé, retour d'expérience propriétaire ou autre méthode) formalisé?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Méthodologie de calcul de fiabilité prévisionnelle non maîtrisée. Outil ni reconnu ni validé.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Méthodologie de calcul de fiabilité prévisionnelle identifiée mais ni reconnue (pertinence controversée selon l'état de l'art) ni validée Outil ni reconnu ni validé.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Méthodologie de calcul de fiabilité prévisionnelle identifiée et reconnue mais non validée Outil reconnu mais non validé.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Sélection et validation des méthodes et des outils employés pour les calculs de fiabilité prévisionnelle.</p>	

<b>Recommandation</b> S'assurer que le logiciel chargé est le bon et conserver l'identification de sa version.	<b>N°</b> 138
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	6,7
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	6,7
INTEGRATION SYSTEME.....	6,7
<b>Description complémentaire</b> S'assurer que le logiciel chargé est le bon et plus particulièrement qu'il correspond bien à la dernière version à utiliser sur le sous-ensemble. Cette information d'identification doit de plus faire l'objet d'une traçabilité dans la suite du processus.	
<b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on que le logiciel chargé est le bon et conserve-t-on l'identification de sa version?	
<b>Niveau 1</b> Aucune identification du logiciel chargé n'est effectuée.	
<b>Niveau 2</b> Suite à un chargement logiciel sur un sous-ensemble hardware, un identifiant du logiciel chargé est fourni, assurant que celui-ci est conforme au sous-ensemble. Cependant, aucun document ne décrit précisément le format ou la consigne de cet identifiant.	
<b>Niveau 3</b> Pour chaque chargement de logiciel, l'opérateur dispose de la version du logiciel à utiliser. Un identifiant de la version à utiliser est fourni après l'opération.	
<b>Niveau 4</b> Pour chaque chargement de logiciel, l'opérateur dispose de la version du logiciel à utiliser. Un identifiant de la version à utiliser est fourni après l'opération. Une vérification croisée est formalisée.	



<p><b>Recommandation</b> S'assurer que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi.</p>	<p><b>N°</b> 139</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1356 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1356 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1356 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1356 383 1474 416">5,9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1356 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1356 416 1474 450">5,9</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,9	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,9
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	5,9						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	5,9						
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que l'on dispose d'une maintenance des moyens de production et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi assurant notamment la prise en compte des dernières non-conformité.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on que l'on dispose d'une maintenance des moyens et que cette maintenance fait l'objet d'un suivi?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucun suivi de la maintenance des moyens de production n'est réalisé.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Une maintenance des moyens de production existe et un suivi de cette maintenance est réalisé. Cependant il n'existe pas de plan de maintenance formel documenté indiquant la fréquence et les passages obligés pour cette maintenance.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Une réelle maintenance des moyens de production est mise en place. Elle fait l'objet d'un suivi s'appuyant sur un plan donnant l'ensemble des passages obligés ainsi que la fréquence des différentes actions.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Une réelle maintenance des moyens de production est mise en place. Elle fait l'objet d'un suivi s'appuyant sur un plan donnant l'ensemble des passages obligés ainsi que la fréquence des différentes actions. De plus, ces documents ont été validés par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> S'assurer que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité.</p>	<p><b>N°</b> 140</p>						
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 338 1358 383"><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></th> <th data-bbox="1358 338 1474 383"><b>Poids</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 383 1358 416">FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</td> <td data-bbox="1358 383 1474 416">8,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="188 416 1358 450">INTEGRATION EQUIPEMENT .....</td> <td data-bbox="1358 416 1474 450">8,5</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>	FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	8,5	INTEGRATION EQUIPEMENT .....	8,5
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>						
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	8,5						
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	8,5						
<p><b>Description complémentaire</b> S'assurer que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité.</p>							
<p><b>Question de l'audit</b> S'assure-t-on que l'opérateur a suivi la formation (qualification) en adéquation avec l'activité?</p>							
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification d'adéquation de la formation d'un opérateur face à un poste n'est assurée.</p>							
<p><b>Niveau 2</b> Une vérification permet de s'assurer que l'opérateur devant réaliser la tâche a bien reçu, au préalable, la formation adéquate.</p>							
<p><b>Niveau 3</b> Une vérification permet de s'assurer que l'opérateur devant réaliser la tâche identifiée a bien reçu au préalable la formation adéquate. Cette vérification suit une procédure formelle pour un passage en revue complet des différents points.</p>							
<p><b>Niveau 4</b> Une vérification permet de s'assurer que l'opérateur devant réaliser la tâche identifiée a bien reçu au préalable la formation adéquate. Cette vérification suit une procédure formelle pour un passage en revue complet des différents points. La procédure a fait l'objet d'une validation par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>							

<p><b>Recommandation</b> Sécuriser les moyens (T° de l'étuve) par le biais de surveillances directes par sondes et enregistrements, pour éviter les overstress.</p>	<p><b>N°</b> 141</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 6,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Tout overstress doit pouvoir être détecté et quantifié (instant d'apparition, niveaux de stress par rapport aux paramètres requis). Cette détection doit pouvoir être visualisée en temps réel et non uniquement à l'issu de l'activité de façon à pouvoir intervenir en cours d'application diminuant ainsi la surcharge sur le sous-ensemble et donc limitant sa dégradation.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Sécurise-t-on les moyens (T° de l'étuve) par le biais de surveillances directes par sondes et enregistrements, pour éviter les overstress?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune sécurité particulière n'existe.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les paramètres à appliquer par les moyens sur les sous-ensembles existent. Cependant il n'existe pas d'étude ou de document formel traitant de ces actions de surveillance particulières.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les paramètres à appliquer par les moyens sur les sous-ensembles existent. Des documents formalisent le niveau de couverture ainsi que la mise en place de ces surveillances directes.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Des surveillances ou autres indicateurs permettant de savoir que l'on a respecté les paramètres à appliquer par les moyens sur les sous-ensembles existent. Des documents formalisent le niveau de couverture ainsi que la mise en place de ces surveillances directes. Le plan de surveillance ainsi réalisé a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b> Sélectionner les composants utilisés.	<b>N°</b> 142
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	<b>Poids</b> 12,9
<b>Description complémentaire</b> Sélectionner les composants utilisés, analyser le marché, Evaluer la fiabilité des composants.	
<b>Question de l'audit</b> Sélectionne-t-on les composants utilisés par rapport à des critères de fiabilité?	
<b>Niveau 1</b> Aucune sélection des composants n'est réalisée.	
<b>Niveau 2</b> Une sélection des composants est réalisée selon le critère de fiabilité (ou qualité de fabrication) de façon informelle.	
<b>Niveau 3</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une sélection des composants selon le critère de fiabilité (et/ou qualité de fabrication). Celle-ci est effective mais basée uniquement sur des données fabricant.	
<b>Niveau 4</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une sélection des composants selon le critère de fiabilité (et/ou qualité de fabrication), Celle-ci est effective et basée sur des analyses poussées: (exploitation de données fabricant, audit des fabricants, évaluation des technologies employées).	

<p><b>Recommandation</b> Sélectionner les fournisseurs de composants.</p>	<p><b>N°</b> 143</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....</p>	<p><b>Poids</b> 10,8</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Sélectionner les fournisseurs de composants, analyse du marché. Evaluation de la prise en compte de la fiabilité des composants.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Sélectionne-t-on les fournisseurs de composants par rapport à des critères de fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les fournisseurs de composants ne sont pas sélectionnés.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une sélection partielle des fournisseurs de composants est réalisée de façon informelle.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une sélection des fournisseurs de composants selon le critère de fiabilité (et ou qualité de fabrication). Celle-ci est effective et basée sur l'analyse de données fournies par les fournisseurs.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le référentiel entreprise demande d'effectuer une sélection des fournisseurs de composants selon le critère de fiabilité (et ou qualité de fabrication). Celle-ci est effective et basée sur des activités formelles: entretien avec les fournisseurs analyse des prestations antérieures, audit, certification ISO.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Sensibiliser le personnel à une vérification visuelle des sous-ensembles après placement et avant re-fusion.</p>	<p><b>N°</b> 144</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....5,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Dans l'objectif d'une diminution des anomalies non détectées lors de contrôle reposant sur le facteur humain (ici contrôle visuel), il est important de sensibiliser le personnel en charge de cette activité afin de diminuer au maximum le risque lié à l'erreur humaine ou à la non détection d'une anomalie.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Sensibilise-t-on le personnel à une vérification visuelle des sous-ensembles après placement et avant re-fusion?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification particulière n'est réalisée après placement des composants et avant re-fusion.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de placement avant re-fusion peut être réalisée par l'opérateur. Cette vérification n'est cependant pas décrite formellement.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de placement avant re-fusion est réalisée par l'opérateur. Cette vérification s'effectue conformément à une procédure (de l'évocation d'un simple contrôle visuel à la description des points à vérifier systématiquement).</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de placement avant re-fusion est réalisée par l'opérateur. Cette vérification s'effectue conformément à une procédure (de l'évocation d'un simple contrôle visuel à la description des points à vérifier systématiquement). De plus, cette procédure a fait l'objet d'une validation d'une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Sensibiliser les opérateurs à la vérification de la qualité du dépôt de la crème à braser (mise en oeuvre d'un acte de vérification, qui doit figurer dans la fiche suiveuse du sous-ensemble).</p>	<p><b>N°</b> 145</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE..... 5,9</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Sensibiliser des opérateurs à la vérification de la qualité du dépôt de la crème à braser. Cette opération nécessitant une vérification toute particulière en fin de réalisation, la mise en place d'un douchage électronique comme phase de vérification doit permettre un bon suivi de ce contrôle et la réalisation de celui-ci doit figurer dans la fiche suiveuse du sous-ensemble.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Sensibilise-t-on les opérateurs à la vérification de la qualité du dépôt de pâte à souder (mise en oeuvre d'un acte de vérification, qui doit figurer dans la fiche suiveuse du sous-ensemble)?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification particulière n'est réalisée pour contrôler le dépôt correct de la crème à braser.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de dépôt de la crème à braser (quantité, aspect, etc.) est réalisée par l'opérateur. Cette vérification n'est cependant pas décrite formellement.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de dépôt de la crème à braser (quantité, aspect, etc.) est réalisée par l'opérateur. Cette vérification s'effectue conformément à une procédure permettant une traçabilité (douchage de la fiche suiveuse de fabrication par exemple).</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une vérification du bon déroulement de l'activité de dépôt de la crème à braser (quantité, aspect, etc) est réalisée par l'opérateur. Cette vérification s'effectue conformément à une procédure permettant une traçabilité (douchage de la fiche suiveuse de fabrication par exemple). De plus, ce moyens de vérification ainsi que sa mise en place a fait l'objet d'une validation d'une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Suivre et maîtriser les actions correctives du sous-contractant liées à la fiabilité des produits.</p>	<p><b>N°</b> 146</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,2</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Suivre et maîtriser (planifier, enregistrer) les actions correctives du sous-contractant liées à la fiabilité du produit.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Suit-on les actions correctives du sous-contractant liées à la fiabilité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun système de suivi des actions correctives demandées au sous-contractant n'a été mis en place.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le suivi des actions correctives demandées au sous-contractant est vu partiellement lors de réunions avec le sous-contractant.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un système de suivi périodique des actions correctives demandées au sous-contractant a été mis en place, mais n'est pas maîtrisé complètement ou de façon satisfaisante.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un système de suivi périodique des actions correctives demandées au sous-contractant a été mis en place et des preuves démontrent ce suivi effectif.</p>	



<p><b>Recommandation</b> Tenir compte de l'équilibre fiabilité/complexité des tests intégrés.</p>	<p><b>N°</b> 147</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> CONCEPTION .....</p>	<p><b>Poids</b> 10,2</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Dans un objectif de taux de couverture des tests efficace, réaliser un compromis entre la complexité des tests intégrés et la fiabilité des composants réalisant les fonctions opérationnelles. Demande d'un document justificatif sur le sujet.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les choix relatifs à la couverture des tests sont-ils documentés?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les calculs de fiabilité réalisés ne permettent pas d'établir la contribution de chaque fonction (dont les dispositifs de test intégrés) à la fiabilité.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Prise en compte informelle du poids sur la fiabilité ou de la complexité des dispositifs de test intégré.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence d'un objectif spécifié limitant l'impact sur la fiabilité des dispositifs de test intégré. La vérification de cet objectif est réalisée a posteriori.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence d'un objectif spécifié limitant l'impact sur la fiabilité des dispositifs de test intégré. Cet objectif est pris en compte dans la conception du produit afin d'optimiser la conception des tests intégrés, et cette démarche est tracée. La vérification de l'objectif est justifiée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Traiter l'aspect fiabilité en revue de direction.</p>	<p><b>N°</b> 148</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 5,6</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Traiter le thème de la fiabilité dans l'ordre du jour des revues de Direction (objectif de progrès, plan d'actions, mesure de l'atteinte des objectifs, et bilan de la fiabilité des produit chez les clients).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Traite-t-on l'aspect fiabilité en revue de direction?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> La Fiabilité des produits n'est pas abordée en revue de Direction.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> La fiabilité des produits est évoquée irrégulièrement lors des Revues de Direction.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> La fiabilité des produits est traitée systématiquement lors des Revues de Direction.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La fiabilité des produits est traitée systématiquement lors des Revues de Direction, des objectifs de progrès sont définis , la tenue de ces objectifs est évaluée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Traiter les anomalies avec une Logique de Traitement des Incidents et d'Action Corrective.</p>	<p><b>N°</b> 149</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 8,3</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Mettre en place un système de traitement des anomalies susceptible de couvrir tout le cycle de vie FIDES.                  Ce système est destiné à:                  - enregistrer les circonstances de l'anomalie,                  - enregistrer les références du produit défectueux,                  - proposer une action curative,                  - analyser les causes de l'anomalie,                  - proposer des actions correctives/préventives,                  - vérifier l'efficacité des actions correctives/préventives.                  Ce système dispose d'un traitement permettant:                  - de retrouver rapidement les anomalies identiques constatées précédemment,                  - d'effectuer des statistiques,                  - d'être utilisé pour le retour d'expérience.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Quel processus est mis en œuvre pour assurer: la collecte des faits techniques, l'établissement des rapports d'anomalies ainsi que la mesure de la croissance de fiabilité? Comment sont gérées les évolutions du matériel?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucun système de traitement des anomalies n'est mis en place.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Un système de traitement des anomalies est mis en place par l'industriel, il satisfait partiellement aux exigences de la recommandation. Il n'est pas appliqué complètement sur l'affaire.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un système de traitement des anomalies est mis en place par l'industriel, il satisfait partiellement aux exigences de la recommandation. Il est appliqué complètement sur l'affaire.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un système de traitement des anomalies est mis en place par l'industriel, il satisfait complètement aux exigences de la recommandation. Il est appliqué complètement sur l'affaire.                  De plus:                  - Des indicateurs sont disponibles,                  - Une exploitation régulière pour bilan est réalisée,                  - Les bénéfices du système mis en place sont mesurés.</p>	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Utilisation de moyens de modélisation validés et reconnus.	150
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
CONCEPTION .....	13,8
<b>Description complémentaire</b>	
Utilisation de moyens de modélisation validés et reconnus (modélisations électriques, thermiques, mécaniques en particulier). Démontrer le suivi et la mise à jour des outils.	
<b>Question de l'audit</b>	
Y a-t-il utilisation de moyens de modélisation validés et reconnus?	
<b>Niveau 1</b> Les moyens de modélisation ne sont ni validés, ni reconnus.	
<b>Niveau 2</b> Les moyens de modélisation sont reconnus, validés mais non suivis.	
<b>Niveau 3</b> Les moyens de modélisation sont reconnus, validés, suivis mais pas de personne affectée à la gestion des outils.	
<b>Niveau 4</b> Les moyens de modélisation sont reconnus, validés et suivis. Gestion du suivi.	

<b>Recommandation</b>	<b>N°</b>
Utiliser des méthodes statistiques adaptées à l'exploitation du retour d'expérience.	151
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT .....	6
<b>Description complémentaire</b>	
Utiliser des méthodes statistiques adaptées à l'exploitation du retour d'expérience.	
<b>Question de l'audit</b>	
Utilise-t-on des méthodes statistiques adaptées à l'exploitation du retour d'exploitation?	
<b>Niveau 1</b> Le retour d'expérience n'est ni observé ni consigné.	
<b>Niveau 2</b> Le retour d'expérience est consigné, mais il n'est pas exploité ou exploité avec des méthodes statistiques inadaptées et non formalisées.	
<b>Niveau 3</b> Le retour d'expérience est consigné, il est exploité avec des méthodes adaptées mais non formalisées (pas de méthodes généralisées).	
<b>Niveau 4</b> Le retour d'expérience est consigné, il est traité par des méthodes statistiques pertinentes et est diffusé auprès des utilisateurs.	

<p><b>Recommandation</b> Valider le référentiel de management de la Fiabilité du sous-contractant.</p>	<p><b>N°</b> 152</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> ACTIVITES PROCESSUS SUPPORT ..... 7,7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Valider que les exigences de fiabilité du contrat sont bien prises en compte par le sous-traitant et que son référentiel affaire, les prend bien en compte.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Valide-t-on le référentiel de management de la fiabilité du sous-contractant?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les exigences contractuelles concernant la fiabilité bien qu'applicables ne sont pas transmises au sous-traitant.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> L'industriel transmet au sous-traitant les exigences contractuelles ou internes liées à la fiabilité, aucun document ne garantissant l'application de ces exigences n'est rédigé par le sous-traitant.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Un référentiel de management de la fiabilité a été établi (plan de management ou plan de fiabilité) par le sous-traitant, il reprend les exigences originelles du primo-contractant. L'application de ce référentiel n'est pas contrôlée par l'industriel.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Un référentiel de management de la fiabilité a été établi (plan de management ou plan de fiabilité) par le sous-traitant, il reprend les exigences originelles du primo-contractant. L'application de ce référentiel est validée par l'industriel (réunion d'avancement, audit...).</p>	

<b>Recommandation</b> Vérifier la conformité des produits achetés.	<b>N°</b> 153
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>	<b>Poids</b>
FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....	8,6
INTEGRATION EQUIPEMENT .....	8,6
INTEGRATION SYSTEME.....	8,6
<b>Description complémentaire</b> Mettre en œuvre des mesures de vérification des produits achetés telles que: l'examen de la documentation requise, l'inspection et l'audit à la source d'achat, l'examen des produits à la livraison.	
<b>Question de l'audit</b> Vérifie-t-on la conformité des produits achetés?	
<b>Niveau 1</b> La conformité des produits achetés n'est pas vérifiée.	
<b>Niveau 2</b> La conformité des produits achetés n'est vérifiée que par l'examen de la documentation requise.	
<b>Niveau 3</b> La conformité des produits achetés est vérifiée par l'examen des produits à la livraison et par l'examen de la documentation requise.	
<b>Niveau 4</b> La conformité des produits achetés est vérifiée par l'examen des produits à la livraison, par l'examen de la documentation requise et par l'inspection et l'audit de la source d'achat.	

<p><b>Recommandation</b> Vérifier par une action de contrôle (douchage, lecture du S/N) que l'on dispose du bon produit avant de débiter le test.</p>	<p><b>N°</b> 154</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....6,1</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Vérifier par une action de contrôle (douchage, lecture du S/N) que l'on dispose du bon produit avant de débiter le test.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Vérifie-t-on par une action de contrôle (douchage, lecture du S/N) que l'on dispose du bon produit avant de débiter le test?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification n'est effectuée pour s'assurer que l'on a le bon produit par rapport au test à effectuer.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une vérification du type du produit par rapport au test à effectuer peut être réalisée. Cette vérification n'est pas formellement décrite.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une vérification systématique par identification du produit à tester est effectuée. Celle-ci s'appuie sur une procédure documentée indiquant la marche à suivre (douchage d'un identifiant, etc.).</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une vérification systématique par identification du produit à tester est effectuée. Celle-ci s'appuie sur une procédure documentée indiquant la marche à suivre (douchage d'un identifiant, etc.). Ce moyen de vérification a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	



<p><b>Recommandation</b> Vérifier que la couverture de test pendant et après le déverminage est correctement formalisée.</p>	<p><b>N°</b> 155</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> FABRICATION CARTE OU SOUS-ENSEMBLE.....</p>	<p><b>Poids</b> 5,2</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Vérifier que la couverture de test pendant et après le déverminage est correctement formalisée.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Vérifie-t-on que la couverture de test pour le déverminage est correctement formalisée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Aucune vérification du taux de couverture de test en déverminage n'est réalisée.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le taux de couverture du test en déverminage a été vérifié lors de sa mise en place. Aucune vérification supplémentaire n'a été effectuée au regard des changements possibles (nouvelles technologies, etc.) .</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le taux de couverture du test en déverminage est vérifié. Un document décrit les évolutions nécessitant une vérification ainsi que la procédure à mettre en oeuvre.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le taux de couverture du test en déverminage est vérifié. Un document décrit les évolutions nécessitant une vérification ainsi que la procédure à mettre en oeuvre. L'ensemble de ce document a été validé par une autorité indépendante de l'exécutant.</p>	

<b>Recommandation</b> Assurer la complétude des spécifications d'environnements.	<b>N°</b> 156
<b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....	<b>Poids</b> 4
<b>Description complémentaire</b> Assurer la complétude des spécifications par l'utilisation de critères de validation: analyse, essais, retour d'expérience, respect normatif.	
<b>Question de l'audit</b> Comment est assurée la complétude des spécifications d'environnement?	
<b>Niveau 1</b> Pas de vérification de la complétude, ou insuffisante.	
<b>Niveau 2</b> La complétude des spécifications d'environnement s'appuie sur au moins 2 des 4 méthodes: Analyse, Expérience, Essais, Normes.	
<b>Niveau 3</b> La complétude des spécifications d'environnement s'appuie sur au moins 3 des 4 méthodes: Analyse, Expérience, Essais, Normes.	
<b>Niveau 4</b> La complétude des spécifications d'environnement s'appuie sur l'ensemble des 4 méthodes: Analyse, Expérience, Essais, Normes. La démarche assurant la couverture fait l'objet d'une procédure formalisée.	

<p><b>Recommandation</b> Assurer la formation et gérer le maintien des compétences pour la mise en œuvre et la maintenance du produit.</p>	<p><b>N°</b> 157</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  DURCISSEMENT ..... 7</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Former les utilisateurs pour assurer que le produit est toujours employé et réparé correctement.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les utilisateurs (emploi et maintenance) ont ils reçu une formation sur le produit? Cette formation est elle renouvelée et actualisée selon besoin?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de formation associée au produit.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence d'une formation de prise en main ou d'une formation d'une partie seulement des utilisateurs.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence d'une formation complète mais sans management des compétences.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence d'une formation complète. Un management des compétence assure que la formation de tous les utilisateurs a été réalisée et est à jour.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Assurer le respect des procédures propres au produit et des règles propres aux métiers par un système de suivi adéquat.</p>	<p><b>N°</b> 158</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en oeuvre des moyens pour superviser et contrôler les utilisateurs dans l'emploi et la maintenance du produit, pour pouvoir identifier les écarts et les traiter.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Des moyens de contrôles (processus, moyens d'enregistrement) permettent ils au fournisseur de s'assurer que les règles d'utilisation du produit sont bien respectées par les utilisateurs?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de moyen de contrôle.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence de quelques moyens de suivi et de contrôle.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence de moyens de contrôle non exhaustifs ou d'emploi informel. Les écarts ne sont pas traités systématiquement.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Existence de moyens de contrôle complets et formalisés. Les écarts sont traités.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Concevoir des dispositifs de protection électrique sûrs de fonctionnement.</p>	<p><b>N°</b> 159</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT ..... 4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Identifier les besoins en protection Concevoir les dispositifs de protection électrique Assurer leur testabilité et leur maintenabilité Intégrer le cas de ces dispositifs à la définition de la politique de maintenance.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment sont conçu les dispositifs de protection électrique</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les principes de sûreté de fonctionnement ne sont pas appliqués aux dispositifs de protection électrique.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les principes de sûreté de fonctionnement sont appliqués aux dispositifs de protection électrique dans quelques cas.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les principes de sûreté de fonctionnement sont appliqués aux dispositifs de protection électriques. La vérification du bon fonctionnement de ces dispositifs pendant la vie du produit est prévue.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les principes de sûreté de fonctionnement sont appliqués aux dispositifs de protection électriques. La vérification du bon fonctionnement de ces dispositifs pendant la vie du produit est prévue. Cette démarche est décrite par une procédure.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Etudier et traiter les risques de détérioration du produit en test par les pannes de ses moyens de test ou de maintenance.</p>	<p><b>N°</b>                  160</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b>                  4</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Minimiser le risque de détérioration par sa prise en compte dans la conception du moyen de test et de l'unité testée, développer les moyens de prévention adaptés.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les risques de détérioration du produit en test par les pannes de son moyen de test sont ils traités pris en compte?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas d'étude des pannes des moyens de test et de maintenance.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Certains cas de pannes connus sont pris en compte.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Ces risques sont analysés dans la conception du moyen de test et de l'unité testée. Des moyens de prévention adaptés sont mis en place.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Ces risques sont analysés dans la conception du moyen de test et de l'unité testée. Des moyens de prévention adaptés sont mis en place. Cette démarche est décrite par une procédure.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Identifier et traiter par les moyens de prévention adéquats les agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisibles.</p>	<p><b>N°</b>                  161</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b></p> <p>DURCISSEMENT ..... 4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Rechercher et prévenir les effet des agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisible (UV, grêle, condensation...).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les agressions (liées aux intempéries) raisonnablement prévisibles ont elles été prises en compte?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de prise en compte des agressions liées aux intempéries.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des agressions liées aux intempéries bien connues sont prises en compte.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les cas d'agressions (liées aux intempéries) sont recherchés et pris en compte.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les cas d'agressions liées aux intempéries sont recherchés systématiquement et pris en compte. Cette démarche est décrite par une procédure ou une norme.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Identifier et traiter, par les moyens de prévention adéquats, les utilisations anormales raisonnablement prévisibles.</p>	<p><b>N°</b>                  162</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b>                  4</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Rechercher et prévenir les utilisation anormale raisonnablement prévisible: détournement de l'objet du produit, montage à l'envers etc.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Les utilisations anormales raisonnablement prévisibles ont elles été prises en compte?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de prise en compte des utilisations anormales.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Des utilisations anormales bien connues sont prises en compte.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les cas d'utilisations anormales sont recherchés et pris en compte.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les cas d'utilisations anormales sont recherchés systématiquement et pris en compte. Cette démarche est décrite par une procédure.</p>	



<p><b>Recommandation</b> Intégrer les environnements de production, de stockage et de maintenance dans les spécifications d'environnement du produit.</p>	<p><b>N°</b> 163</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Etendre les spécifications d'environnement de façon à couvrir également les situations de production, de stockage et de maintenance (et pas seulement les cas d'emploi). Pour le stockage (rechanges par exemple) le paramètre dimensionnant peut être la durée.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment sont pris en compte les environnements de production, de stockage et de maintenance dans la spécification d'environnement du produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Les environnements de production, de stockage et de maintenance ne sont pas spécifiés.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les environnements de production, de stockage et de maintenance sont pris en compte s'ils sont connus.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les environnements de production, de stockage et de maintenance sont pris en compte dans les spécifications d'environnement.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La prise en compte des environnements de production, de stockage et de maintenance est systématique. La description de ces environnements fait l'objet d'une documentation formalisée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Justifier du respect des spécifications d'environnements.</p>	<p><b>N°</b> 164</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre en oeuvre une démarche de justification du respect des spécifications d'environnements qui garantisse la complétude.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment est justifié le respect des spécifications d'environnements</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de démonstration formalisée du respect des spécifications d'environnements.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Le respect des principales spécification d'environnement fait l'objet d'une justification formelle.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Le respect de toutes les spécifications d'environnement fait l'objet d'une justification formelle.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Le respect de toutes les spécifications d'environnement fait l'objet d'une justification formelle. La démarche de justification identifie les marges par rapports au besoin. Le processus de justification fait l'objet d'une procédure formelle.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Mener un processus d'amélioration du produit (par exemple: essais aggravés) afin de limiter la sensibilité du produit aux contraintes environnementales (perturbations, environnements, overstress).</p>	<p><b>N°</b> 165</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 7</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Mener un processus d'amélioration du produit en développement et en production pour ne pas livrer de produit non mature (présence de défaut de jeunesse) ou présentant des faiblesses (déverminage).                  Les essais aggravés type HALT (Highly Accelerated Life Test) sont cités comme outil important pour cet objectif.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Existe-t-il un processus d'amélioration du produit pour construire sa robustesse et accélérer sa maturité?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de démarche d'amélioration de la robustesse et de la maturité.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Certaines dispositions sont prises pour améliorer la robustesse et la maturité.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Mise en oeuvre d'une démarche d'amélioration de la robustesse et de la maturité.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Mise en oeuvre d'une démarche d'amélioration de la robustesse et de la maturité. Cette démarche est systématique et décrite dans une procédure formelle.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Réaliser une analyse des cas de panne pouvant donner lieu à une propagation de panne.</p>	<p><b>N°</b> 166</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Analyser les possibilité de propagation de panne pour en limiter les effets et pour limiter les fausses déposes, en particulier à l'aide d'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs effets et de leur Criticité).</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Les possibilités de propagation de panne font elles l'objet d'une analyse?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas d'analyse de propagation de panne.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Certains cas de propagation de panne avérés sont pris en compte.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Les risques de propagation de panne sont pris en compte dans la conception et dans la réalisation des AMDEC. Ces cas sont traités par des choix de protections ou d'architecture.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Les risques de propagation de panne sont pris en compte dans la conception et dans la réalisation des AMDEC. Ces cas sont traités par des choix de protections ou d'architecture. Cette démarche est décrite par une procédure.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Réaliser une analyse process des opérations de mise en œuvre et de maintenance.</p>	<p><b>N°</b> 167</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  DURCISSEMENT.....4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b> Mener une AMDEC process (Analyse des Modes de Défaillance de leurs effets et de leur Criticité) des opérations de mise en oeuvre et de maintenance.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Comment sont analysés les risques d'erreur dans la réalisation des opérations de mise en oeuvre et de maintenance?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas d'analyse des risques d'erreur dans la réalisation des opérations.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Les anomalies et dérives bien connues sont recueillies et exploitées dans la conception du produit ou de sa maintenance.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> L'AMDEC de processus des opérations de mise en oeuvre et de maintenance est réalisée dans certains cas et exploitée dans la conception du produit ou de sa maintenance.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> L'AMDEC de processus des opérations de mise en oeuvre et de maintenance est systématiquement réalisée et exploitée dans la conception du produit ou de sa maintenance.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Réaliser une revue des opérations de maintenance par l'utilisateur final et traiter ses recommandations.</p>	<p><b>N°</b> 168</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 4</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Prendre en compte les recommandations des utilisateurs dans la conception de la maintenance du produit après une revue.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Une revue des opérations de maintenance par l'utilisateur est-elle organisée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de revue avec l'utilisateur.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Prise en compte informelle des recommandations des utilisateurs, ou revue papier sans opération sur un produit.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Organisation d'une revue des procédures de maintenance avec l'utilisateur qui comprend la réalisation des opérations sur le matériel.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Organisation d'une revue des procédures de maintenance avec l'utilisateur qui comprend la réalisation des opérations sur le matériel. Le processus de la revue fait l'objet d'un plan ou d'une procédure formalisée.</p>	

<p><b>Recommandation</b> Rédiger des procédures complètes pour l'ensemble des opérations de mises en œuvre et de maintenance du produit.</p>	<p><b>N°</b> 169</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b> 7</p>
<p><b>Description complémentaire</b> Mettre à disposition des utilisateurs et de la maintenance une documentation décrivant les procédures à appliquer pour chaque situation.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b> Existe-t-il une documentation qui décrive l'ensemble des opérations de mise en oeuvre et de maintenances du produit?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de documentation, ou documentation superficielle.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Existence d'une documentation couvrant une partie des besoins.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Existence d'une documentation complète, mais l'exhaustivité de la documentation ne peut être prouvée.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> La documentation existe et est complète. La constitution de la documentation fait l'objet d'une procédure qui garantit sa complétude.</p>	

<p><b>Recommandation</b>                  Respect d'une norme concernant les alimentations (norme qui définit les perturbations possibles et les variations possibles type EN2282). Le respect doit être assuré aussi bien au niveau génération électrique qu'au niveau consommation électrique.</p>	<p><b>N°</b> 170</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b> <span style="float: right;"><b>Poids</b></span>                  DURCISSEMENT..... 4</p>	
<p><b>Description complémentaire</b>                  Appliquer une norme sur tous les interfaces électriques pour garantir à la fois leur condition de fonctionnement et les situations extrêmes prévisibles.                  Il est également recommandé que le responsable du système dans lequel s'intègre le produit garantisse le respect de la norme pour tout le système. De même pour le respect de la norme au niveau de la génération électrique qui alimente le produit.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Une norme concernant les alimentations électriques est elle applicable au produit et au système qui l'entoure? Comment est elle appliquée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de norme pour les alimentations électriques.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une norme est prise comme guide pour la définition des interfaces électriques.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une norme est appliquée pour tous les interfaces électriques du produit.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une norme est appliquée pour tous les interfaces électriques du produit.                  Le respect de la norme fait l'objet de justification formelle.</p>	



<p><b>Recommandation</b>                  Respect d'une norme concernant les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées: Par respecté, il faut entendre à la fois par le produit et par le système dans lequel il est intégré.</p>	<p><b>N°</b>                  171</p>
<p><b>Phases dans lesquelles la recommandation est applicable</b>                  DURCISSEMENT.....</p>	<p><b>Poids</b>                  3</p>
<p><b>Description complémentaire</b>                  Appliquer une norme sur les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées.</p>	
<p><b>Question de l'audit</b>                  Une norme concernant les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées est elle applicable au produit et au système qui l'entoure? Comment est elle appliquée?</p>	
<p><b>Niveau 1</b> Pas de norme pour les perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées.</p>	
<p><b>Niveau 2</b> Une norme est prise comme guide pour la définition des tolérances aux perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées.</p>	
<p><b>Niveau 3</b> Une norme est appliquée pour définir la tolérance du produit aux perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées.</p>	
<p><b>Niveau 4</b> Une norme est appliquée pour définir la tolérance du produit aux perturbations électromagnétiques conduites et rayonnées. Le respect de la norme fait l'objet de justification formelle.</p>	