



Profils génériques FIDES pour des applications Ferroviaires

Generic FIDES mission profile for railways applications

SABATIER Marie
Groupe LGM
Toulouse
marie.sabatier@lgm.fr

DUTHOIT Sebastien
Groupe LGM
Villeneuve d'ascq (FR) / Charleroi (BE)
sebastien.duthoit@lgm.fr

1

2

RESUMÉ — La version anglaise de la norme IEC62380 [R1], traditionnellement utilisée pour le calcul de la fiabilité électronique dans le domaine ferroviaire, est désormais obsolète. Le secteur tend à migrer vers de nouveaux référentiels, dont le guide FIDES [R2] en cours de standardisation (IEC63142). A l'image de ce qui a été réalisé dans d'autres secteurs, l'objet de cette publication est de proposer des profils de vie FIDES typiques adaptés aux applications ferroviaires, avec pour but de définir un référentiel commun et facilement adaptable pour le développement de nouveaux produits.

ABSTRACT— The English version of IEC62380 standard [R1], traditionally used for electronic reliability calculations in the railway industry, is now obsolete. The sector is moving towards new reliability calculation method, including the FIDES guide (future IEC63142) [R2]. As done in many other industries, the objective of this publication is to propose typical FIDES life profiles adapted to railway applications in order to establish a common and easily adaptable reference for the development of new products.

13

MOTS-CLEFS, KEYWORDS — FIDES, Railways, Mission profile.

15

16

I. INTRODUCTION

La version anglaise de la norme IEC 62380 [R1] a historiquement été utilisée dans le cadre des calculs de fiabilité électroniques ferroviaires. Cette norme est une standardisation de la RDF 2000 [R3] et a été déclarée obsolète en 2017. La norme IEC 61709 [R4] remplace l'IEC 62380 [R1] mais ne permet pas de calculer des taux de panne de base des composants électroniques. Le guide FIDES [R2] est une alternative de plus en plus utilisée pour des applications ferroviaires. L'objet de cette publication est de proposer des profils de vie FIDES typiques pouvant être utilisés dans le cadre de développements de produit destinés au secteur afin d'aider le déploiement de ce référentiel. Dans une première partie, nous détaillerons les caractéristiques des profils de vie pour des applications ferroviaires usuelles. Puis, nous décrirons la méthodologie appliquée dans le cadre de la démarche. Enfin nous définirons des profils FIDES pour les différents grands types d'applications ferroviaires (matériel roulant, signalisation, infrastructure).

26

II. ETAT DE L'ART : CARACTERISTIQUES DES PROFILS DE VIE FERROVIAIRES

L'objectif de cette première partie est de définir les principales caractéristiques des profils de vie ferroviaires. L'approche sera basée sur un état de l'art des normes existantes du secteur et notre retour d'expérience. Étant donné qu'il existe plusieurs types d'équipements, une approche par type est mise en place. Ces différents grands types d'équipements peuvent être classés dans deux catégories :

- 31 - Le matériel roulant et les équipements embarqués,
- 32 - Les équipements de voie.

33 Pour les équipements de voie, une particularité liée aux tunnels peut également être distinguée. Cette particularité sera prise
 34 en compte pour définir des profils propres à ces applications. Il peut également exister des grandes disparités entre les pays
 35 tropicaux et les zones polaires. L'objectif de cette communication étant de couvrir le maximum des intégrations possibles, une
 36 zone dite « tempérée » sera prise en compte.

37 Les paramètres pris en comptes seront ceux utiles pour définir un profil de vie suivant le guide FIDES [R2] :

- 38 - Phases,
- 39 - États « ON » / « OFF »,
- 40 - Températures ambiantes,
- 41 - Variations de température,
- 42 - Durées des cycles,
- 43 - Nombre de cycles,
- 44 - Humidités,
- 45 - Vibrations,
- 46 - Pollutions.

47 Plusieurs normes ferroviaires permettent de définir des conditions environnementales dans lesquelles évoluent les systèmes :

- 48 - EN 50125-1 [R5] pour les équipements embarqués dans le matériel roulant,
- 49 - EN 50125-2 [R6] pour les installations électriques fixes pour l'alimentation de la traction et des équipements essentiels
 50 du chemin de fer,
- 51 - EN 50125-3 [R7] pour les équipements de signalisation et de télécommunications de l'infrastructure,

52 La norme EN 50155 [R8] applicable aux équipements électroniques utilisés sur le matériel roulant permet dans sa version
 53 2017 de définir un exemple de profil de référence (voir TABLE I.).

54

55 1) *Matériel roulant et équipements embarqués*

56 Pour le matériel roulant, nous pouvons nous baser sur les normes EN 50125-1 [R5] et EN 50155 [R8]. Les critères suivants
 57 peuvent être tirés de la norme EN 50155 [R8] :

58

TABLE I. PROFIL DE MISSION GÉNÉRIQUE DE LA EN 50155:2017 [R8] POUR UN ÉQUIPEMENT EMBARQUÉ

Critère	Valeur
Environnement type	« GM : Ground Mobile »
Température moyenne de fonctionnement autour des équipements	45°C
Nombre d'heures par jour de fonctionnement	18 heures
Nombre de cycles « ON » / « OFF » par jour	16 cycles
Nombre de jour de fonctionnement	350 jours

59

60 Le « Ground Mobile » fait référence aux équipements ou systèmes conçus pour être utilisés en mouvement. La température
 61 moyenne de 45°C est une température en fonctionnement (électronique « ON ») dans le compartiment. Quand l'équipement est
 62 « OFF », la température va décroître avec inertie vers la température extérieure. Un cycle diurne de 10°C sur la température
 63 extérieur est pris en compte. Quant au nombre d'heures de 18 heures, il correspond par expérience majoritairement au nombre
 64 d'heures de roulage du matériel ferroviaire. Le nombre d'heures de roulage n'est pas égal au nombre d'heures sous tension. Un
 65 nombre de 2 heures de mise sous tension en dehors des phases de roulage est pris en compte. Un nombre de cycles « ON » /
 66 « OFF » est également spécifié. Celui-ci est lié aux contraintes d'exploitation des trains dans un « pire cas ». En effet, il est
 67 courant que le matériel soit éteint sur de courtes périodes en bout de ligne afin de procéder au changement de sens. Ce cas est
 68 majoritairement applicable à des métros dont le nombre de rotations est plus important. Il est à noter que ces cyclages sont assez
 69 courts et que la température n'a pas spécialement le temps de redescendre à la température ambiante extérieure grâce à l'inertie.
 70 L'approche proposée est de négliger ces cycles et de prendre en compte un seul cycle « ON » / « OFF » complet par jour pour la
 71 fiabilité. Enfin, pour le nombre de jours de fonctionnement, un nombre de 350 jours de fonctionnement par an ne semble pas
 72 suffisant par retour d'expérience pour une majorité des applications. Afin d'être exhaustif sur l'ensemble des applications, 365
 73 cycles seront pris en compte.

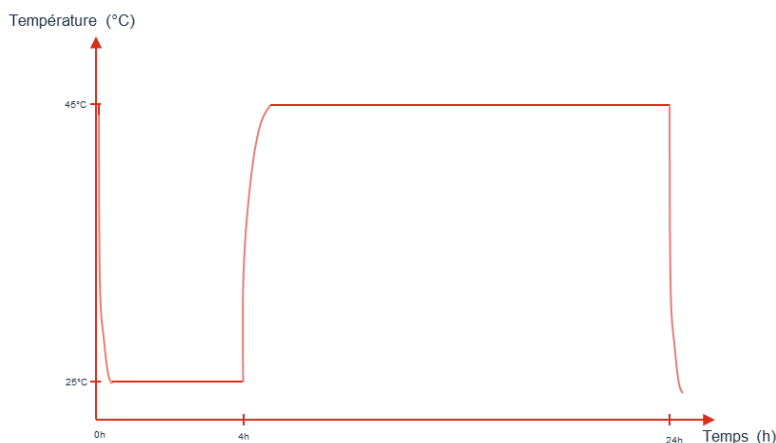
74 La norme EN 50125-1 [R5] décrit des conditions environnementales pour ces mêmes applications. Les paramètres importants
75 dans le cadre de cette publication sont les suivants :

76 TABLE II. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES DE LA EN50125-1:2014 [R5]

Critère	Valeur
Température moyenne de référence	25°C
Humidité relative moyenne par an	75%
Types possibles de pollution en présence	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution saline, - Pollution liée à des substances actives chimique ou biologique, - Poussières, - Sable.
Vibrations	Non décrit

77 La température moyenne de référence est une température extérieure. Cette température sera donc la température prise en
78 compte dans le cadre d'une phase « OFF ». Pour les aspects liés à l'humidité et chimiques, ils seront interprétés lors de la
79 définition du profil FIDES.
80

81 La variation de température suivante peut donc être prise en compte :



82
83 Fig. 1. Thermographe de température pour un équipement embarqué dans le matériel roulant.

84 2) *Equipements de voie*

85 Il n'existe pas de norme équivalente à la norme EN 50155 [R8] applicable aux circuits de voie.

86 Dans le reste de cette publication, nous allons distinguer 2 sous-types d'application :

- 87 - Circuit de voie en tunnel,
- 88 - Circuit de voie en extérieur,

89 Pour l'aspect tunnel, conformément à la EN50125-3 [R7], il est considéré dans cette catégorie uniquement les équipements
90 étant à plus de 1000 mètres d'une entrée ou d'une sortie.
91

92 Pour les circuits de voie en extérieur, certains sont directement sur les rails et d'autres sont en périphérie des voies.

93 Les normes EN 50125-2 [R6] et EN 50125-3 [R7] décrivent des conditions environnementales. Les paramètres importants
94 pris en compte dans le cadre cette publication sont les suivants :

TABLE III. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES POUR LES CIRCUITS DE VOIE EN EXTERIEUR,

Critère	Valeur
Température moyenne de référence	40°C
Température moyenne de référence dans un tunnel	+20K pour la température minimale et -5K pour la température maximale,
Humidité relative moyenne par an	100%
Humidité relative moyenne par an dans un tunnel,	75%
Types de pollution possibles en présence	<ul style="list-style-type: none"> - Pollution saline, - Pollution liée à des substances actives chimique (pluie, polluants) ou biologique, - Poussières, - Corrosion mécanique, - Sable,
Vibrations	Vibrations liées aux passages des véhicules et aux effets de surpression d'air.

96

97

98

99

La spécificité des équipements de voie réside dans leur capacité à fonctionner sur de très longues périodes sans interruption. La disponibilité des équipements est en général assurée par redondance. Les variations thermiques liées aux cycles « ON » / « OFF » peuvent donc être ignorées lors de la définition des températures ambiantes du profil.

100

101

102

103

Les variations de température extérieure sont importantes étant donné que les équipements peuvent être soumis à des phénomènes de rayonnement solaire direct. Il est courant de prendre des valeurs de 55°C ou de 70°C en guise de température maximale. Afin de modéliser au mieux ces phénomènes, une température moyenne en été de 30°C sera prise en compte avec de fortes variations de température. Pour l'intersaison, 15°C sera pris en compte et pour l'hiver, 5°C sera pris en compte.

104

À l'inverse, un tunnel génère une inertie sur les variations de températures.

105

106

107

Pour l'humidité relative extérieure, les valeurs spécifiées dans la norme pouvant être relativement élevées, 100% ne sera pas pris en compte. Dans un tunnel, ces humidités sont mieux régulées grâce à la mise en place de ventilations, une valeur moyenne pour l'ensemble de 75% sera prise en compte.

108

III. EXEMPLE DE PROFILS DE VIE GENERIQUES FERROVIAIRES

109

110

111

Dans cette dernière partie, nous décrivons des profils de vie génériques adaptés au guide FIDES [R2] pour des applications ferroviaires. Les différentes spécificités suivantes sont à prendre en compte dans le cadre de ces applications :

112

113

- Par hypothèse, un cycle stabilisé est un cycle dont la température est stabilisée pendant plus de 2 heures. Dans le cadre de ce type de cycle, la température ambiante à prendre en compte est la température maximale,

114

115

116

- Un cyclage complet diurne est considéré sur une phase « OFF » pour couvrir l'ensemble des possibilités sur ces phases. Il est à noter que cette hypothèse est un « pire cas » étant donné que le cycle diurne complet ne se produit pas sur une phase nocturne et que le matériel roulant est souvent éteint la nuit,

117

118

- Étant donné que la majorité des applications sont en zones densément peuplées, une pollution de type urbain est prise en compte ce qui correspond à une pollution modérée suivant le guide FIDES,

119

120

121

- La plupart des applications sont continentales. La pollution de type saline sera donc considérée faible. De plus, les électroniques qualifiées suivant l'EN 50155 [R8] réalisent un test de brouillard salin. Néanmoins, il est à noter que ce cas n'est pas le « pire cas » possible.

122

123

124

125

- Le niveau de vibration efficace (Root Mean Square) dépend du type d'application. Pour l'ensemble des équipements embarqués, une valeur de 1 Grms sera retenue. Cependant, pour les équipements installés sur les voies sont exposés à des vibrations liées au passage des trains, les valeurs peuvent être élevées et une valeur de 10 Grms sera considérée par un passage d'un train. Le reste du temps, une valeur de 1 Grms sera prise en compte.

126

Dans les paragraphes suivants, nous détaillerons des profils FIDES par type d'application.

127

128

129 I) *Matériel roulant et équipements embarqués*

130 Pour le matériel roulant, 3 phases peuvent être considérées :

- 131 - Phase de roulage,
- 132 - Phase de tests et de maintenance,
- 133 - Phase de stockage.

134 Pour les phases de roulage, de tests en maintenance, l'équipement peut être considéré comme « ON ». Pour la phase de
135 stockage, l'équipement peut être considéré comme « OFF ».

136 Une durée de roulage de 18 heures par jour est prise en compte conformément à l'EN 50155 : 2017 [R8]. Une durée de 2
137 heures supplémentaire par jour pour les tests et la maintenance est prise en compte. La phase de stockage correspond donc à
138 un 4 heures par jour.

139 Une température de 45°C est prise en compte en ON et de 25°C en OFF.

140 La phase de tests et de maintenance étant égale à 2 heures, elle sera considérée comme une phase stabilisée.

141 Pour la phase de roulage, les caractéristiques suivantes sont prises en compte :

- 142 - L'équipement est « ON »,
- 143 - La durée est de 18 heures par jour,
- 144 - La température ambiante autour de l'équipement est de 45°C,
- 145 - Phase stabilisée,
- 146 - Taux d'humidité de 75%,
- 147 - Des vibrations de 1 Grms,
- 148 - Une pollution saline basse, une pollution d'environnement modérée, une pollution d'application basse et un
149 environnement non hermétique.

150 Pour la phase de tests et de maintenance, les caractéristiques suivantes sont prises en compte :

- 151 - L'équipement est « ON »,
- 152 - La durée est de 2 heures par jour,
- 153 - La température ambiante autour de l'équipement est de 45°C,
- 154 - Phase stabilisée,
- 155 - Taux d'humidité de 75%,
- 156 - Des vibrations de 0.01 Grms,
- 157 - Une pollution saline basse, une pollution d'environnement modérée, une pollution d'application basse et un
158 environnement non hermétique.

159 Enfin pour la phase de stockage, les caractéristiques suivantes sont prises en compte :

- 160 - L'équipement est « OFF »,
- 161 - La durée est de 4 heures par jour,
- 162 - La température ambiante autour de l'équipement est de 25°C,
- 163 - Phase stabilisée,
- 164 - Taux d'humidité de 75%,
- 165 - Des vibrations de 0.01 Grms,
- 166 - Une pollution saline basse, une pollution d'environnement modérée, une pollution d'application basse et un
167 environnement non hermétique.

168 Le profil complet est donc le suivant :

PROFIL DE VIE		
profil de vie standard		
Nom de la phase	On / Off	Temps calendaire (heures)
Phase de roulage	ON	6 570 h
Phase de tests en maintenance	ON	730 h
Phase de stockage et maintenance	OFF	1 460 h

Thermique	Cyclage thermique				Humidité	Mécanique	Chimique			
Température ambiante (°C)	Δt (°C)	Durée du cycle (heures)	Nombre de cycles (/phase)	Température maximale au cours du cyclage (°C)	Taux d'humidité (%)	Vibrations aléatoires (Grms)	Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection
45,00 °C	20,00 °C	18 h	365	45,00 °C	19	1,00 Grms	Low	Moderate	Low	Non hermetic
45,00 °C	20,00 °C	2 h	365	45,00 °C	19	0,01 Grms	Low	Moderate	Low	Non hermetic
25,00 °C	10,00 °C	4 h	365	25,00 °C	75	0,01 Grms	Low	Moderate	Low	Non hermetic

169

170

171 2) *Equipements de voie*

172 Comme détaillé plus haut, le profil de vie peut varier en fonction du positionnement des équipements de voie. Le climat étant
 173 un paramètre très important pour ces équipements en particulier pour les régions tempérées, et afin d'accroître la précision
 174 du profil, nous faisons le choix de différencier les journées types en fonction de la variation de température extérieur.

175 Nous détaillerons donc 3 phases qui seront « ON » :

- 176 - Une phase « été »,
- 177 - Une phase « intersaison »,
- 178 - Une phase « hiver ».

179 Pour la phase de « été » :

- 180 - Une durée de 3/12 d'année soit 2190 heures,
- 181 - La température ambiante autour de l'équipement est de 30°C,
- 182 - Un cyclage thermique de 15°C sur 24h,
- 183 - Phase stabilisée,
- 184 - Taux d'humidité de 100%,
- 185 - Des vibrations de 10 Grms au passage d'un train,
- 186 - Une pollution saline basse, une pollution d'environnement modérée, une pollution d'application basse et un
 187 environnement non hermétique.

188 Pour la phase de « intersaison », les paramètres modifiés par rapport à la phase « été » sont les suivants :

- 189 - La température ambiante autour de l'équipement est de 15°C,
- 190 - Une durée de 6/12 d'année soit 4380 heures,

191 Pour la phase de « hiver », les paramètres modifiés sont les suivants :

- 192 - La température ambiante autour de l'équipement est de 5°C,
- 193 - Une durée de 3/12 d'année soit 2190 heures,

194 Le profil complet est donc le suivant :

PROFIL DE VIE			Thermique				Humidité		Mécanique		Chimique				
profil de vie standard			Cyclage thermique				Taux d'humidité (%)		Vibrations aléatoires (Grms)		Pollution				
Nom de la phase	On / Off	Temps calendaire (heures)	Température ambiante (°C)	Δt (°C)	Durée du cycle (heures)	Nombre de cycles (/phase)	Température maximale au cours du cyclage (°C)					Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection
Phase été - train de passage	ON	110 h	30,00 °C	15,00 °C	24 h	4,56	45,00 °C	75		10,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic
Phase inter-saison - train de passage	ON	219 h	15,00 °C	15,00 °C	24 h	9,13	30,00 °C	75		10,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic
Phase Hiver - train de passage	ON	110 h	5,00 °C	15,00 °C	24 h	4,56	20,00 °C	75		10,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic
Phase été	ON	2 081 h	30,00 °C	15,00 °C	24 h	86,69	45,00 °C	75		1,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic
Phase inter-saison	ON	4 161 h	15,00 °C	15,00 °C	24 h	173,38	30,00 °C	75		1,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic
Phase Hiver	ON	2 081 h	5,00 °C	15,00 °C	24 h	86,69	20,00 °C	75		1,00 Grms		Low	Moderate	Low	Non hermetic

195

196

197 Le passage d'un train va accroître les vibrations ressentis au niveau de l'équipement. Une hypothèse de 5% du temps total a
 198 été prise en compte. Cela correspond à un train toutes les 10 minutes pendant 30 secondes.

199 Dans le cadre des circuits de voie éloignés des rails, les vibrations seront à ajuster de 10 Grms à 1 Grms.

200 Pour les applications dans un tunnel, l'aspect saisonnier est moins pertinent et il convient de prendre une seule phase avec
 201 une température ambiante autour de l'équipement est de 30°C et un cyclage thermique faible de 5°C sur 24h,

202 Le profil complet est donc le suivant :

PROFIL DE VIE			Thermique				Humidité		Mécanique		Chimique				
profil de vie standard			Cyclage thermique				Taux d'humidité (%)		Vibrations aléatoires (Grms)		Pollution				
Nom de la phase	On / Off	Temps calendaire (heures)	Température ambiante (°C)	Δt (°C)	Durée du cycle (heures)	Nombre de cycles (/phase)	Température maximale au cours du cyclage (°C)					Pollution saline	Pollution d'environnement	Pollution d'application	Niveau de protection
Phase ON - train de passage	ON	438 h	30,00 °C	5,00 °C	24 h	18,25	30,00 °C	75		10,00 Grms		Low	Moderate	Low	Hermetic
Phase ON	ON	8 322 h	30,00 °C	5,00 °C	24 h	346,75	30,00 °C	75		1,00 Grms		Low	Moderate	Low	Hermetic

203

204

205

206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232

IV. CONCLUSION

Dans les années à venir, le secteur du ferroviaire va connaître un changement dans sa perception de la fiabilité, avec l'intégration de plus en plus présente du guide FIDES [R2].

Cet article donne une proposition de profils de missions génériques dans le cadre d'utilisation ferroviaire afin de faciliter le déploiement de FIDES sur de nouveaux produits.

Des propositions ont été faites pour les principales caractéristiques d'un profil de mission FIDES pour une utilisation de matériel roulant ou d'équipement de voie. Ces caractéristiques sont principalement issues de données présentes dans les différentes normes ainsi que notre expérience dans le domaine ferroviaire.

V. REFERENCES

- [R1] IEC 62380. *Reliability data handbook. Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment.* (2004).
- [R2] Guide FIDES. *Méthodologie de fiabilité pour les systèmes électroniques.* (2022).
- [R3] RDF 2000 (UTEC 80810). *Modèle universel pour le calcul de la fiabilité prévisionnelle des composants, cartes et équipements électroniques.* (2000).
- [R4] IEC 61709. *Composants électroniques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles de contraintes pour la conversion.* (2017).
- [R5] EN 50125-1. *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1 : équipement embarqué du matériel roulant.* (2014).
- [R6] EN 50125-2. *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 2 : installations électriques fixes.* (2003).
- [R7] EN 50125-3. *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 3 : Equipement pour la signalisation et les télécommunications.* (2003).
- [R8] EN 50155. *Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant.* (2017).
- [R9] MIL-HDBK-217F N2. *Military handbook. Reliability prediction of electronic equipment.* (1991).