

ANNEXE GENERALE CLIMATIQUE

TOME 1

PROFIL DE VIE

SOMMAIRE

<u>1</u>	<u>INTRODUCTION</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>DESCRIPTION SIMPLIFIEE DE L'ELABORATION DU PROFIL DE VIE</u>	<u>4</u>
<u>3</u>	<u>CARACTERISATION DU PROFIL DE VIE</u>	<u>6</u>
<u>3.1</u>	<u>Les conditions de stockage</u>	<u>6</u>
3.1.1	Types d'entreposage à long terme	6
3.1.2	Types de stockage temporaire.....	6
3.1.3	Types de stockage à bord de bâtiment naval.....	6
<u>3.2</u>	<u>Les conditions de transit</u>	<u>6</u>
3.2.1	Types de transport	6
<u>3.3</u>	<u>Catégories de stockage et de transport</u>	<u>6</u>
3.3.1	Catégorie 1 : stockage spécial	7
3.3.2	Catégorie 2 : stockage (à long terme) standard.....	7
3.3.3	Catégorie 3 : stockage aéré.....	7
3.3.4	Catégorie 4 : couverture provisoire.....	7
3.3.5	Catégorie 5 : protection faible ou aucune couverture	7
<u>4</u>	<u>METHODOLOGIE DETAILLEE D'ELABORATION D'UN PROFIL DE VIE</u>	<u>8</u>
<u>4.1</u>	<u>Etablissement du logigramme</u>	<u>8</u>
<u>4.2</u>	<u>Etablissement du tableau des occurrences</u>	<u>13</u>
<u>4.3</u>	<u>Etablissement du tableau des agents d'environnement par situations</u>	<u>15</u>
<u>4.4</u>	<u>Etablissement des fiches de situation</u>	<u>17</u>
<u>4.5</u>	<u>Enrichissement du profil de vie en phase d'exploitation</u>	<u>21</u>
<u>5</u>	<u>EXEMPLE : ELABORATION DU PROFIL DE VIE D'UN EQUIPEMENT DU</u> <u>DOMAINE CIVIL</u>	<u>23</u>
<u>6</u>	<u>PROFIL DE VIE A USAGE GENERIQUE (AECTP 100)</u>	<u>28</u>

1 INTRODUCTION

Chronologiquement, le profil de vie système est la donnée d'entrée de la méthode de personnalisation des essais de qualification en environnement (climatique, mécanique, ...). Ce document identifie les scénarii et les situations d'utilisation d'un matériel de façon à lui associer ultérieurement les caractéristiques de l'environnement (climatique, mécanique,...) correspondant.

L'établissement du profil de vie environnement consiste, à partir du profil de vie système, à identifier et retenir les conditions d'emploi susceptibles de générer des environnements climatiques « significatifs » que verra le matériel durant sa durée de vie.

Le maître d'œuvre transforme le profil de vie système fourni par le maître d'ouvrage en un profil de vie environnement à tous les niveaux d'assemblage en ne retenant que les situations susceptibles de générer des environnements climatiques « significatifs ». Si, à ce stade, ces environnements n'ont pas encore été complètement caractérisés, il utilise son retour d'expérience. Dans ce cas, une actualisation peut s'avérer nécessaire par la suite.

2 DESCRIPTION SIMPLIFIEE DE L'ELABORATION DU PROFIL DE VIE

L'établissement du profil de vie environnement consiste à identifier les conditions d'emploi susceptibles de générer des environnements climatiques significatifs que verra le matériel durant sa durée de vie :

- Manutentions,
- Transports logistiques par voies ferrées, aériennes, routières, maritimes, ...
- Stockages,
- Emports tactiques par voies ferrées, aériennes, routières, maritimes, ...
- Tir,
- Vol libre,
- Propulsion d'étage de lanceur de satellite,
- Séparation d'étage,
-

On appelle situation une configuration particulière de l'utilisation d'un matériel (voir ci-dessus).

La description du profil de vie environnement peut être effectuée : à l'aide de phrases, à partir de tableaux où chaque situation est affectée d'un numéro, de graphes ou de tout autres éléments : fragments de graphes, etc. montrant l'enchaînement des différentes situations rencontrées par le matériel considéré. On devra préciser pour chaque situation sa durée et son nombre d'occurrence.

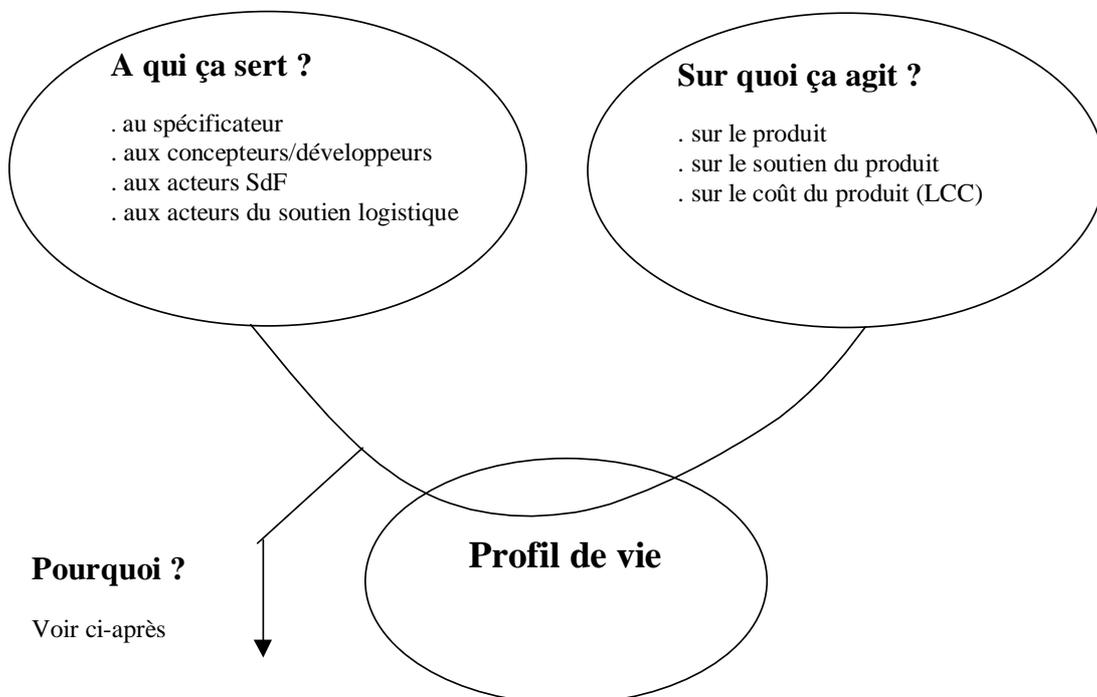


Figure 1 : Analyse du besoin sur le profil de vie

Pour le spécificateur :

- validité et complétude de la spécification
- faisabilité de la réalisation du produit
- détermination des domaines de fonction (normal, limite, extrême)
- exigences SdF (en garantie et hors garantie)
- connaissance des risques

Pour les acteurs SdF (dont sécurité):

- analyse fonctionnelle du produit
- allocations de SdF par segments ou situations du profil de vie
- allocations de SdF au niveau sous-ensembles
- référentiel pour les évaluations prédictives de SdF
- analyses des risques (AMDEC, AD...)
- identification des points critiques

Pour les concepteurs et les développeurs:

- choix des critères de fonctionnement
- détermination des marges de fonctionnement
- choix des technologies adaptées
- durabilité minimum des composants
- besoins supplémentaires en analyses
- calcul des sévérités d'essais
- spécification des essais

Pour les acteurs du soutien logistique:

- détermination des moyens en soutien et en rechanges
- périodicité des tests
- échancier des remplacements périodiques
- établissement des consignes d'utilisation

Chacune des cases de la figure 2 représente une « situation ».

Il convient aussi de noter :

- les interfaces (matériel en conteneur, ...),
- l'état du matériel (en fonctionnement ou non),
- la présence ou non d'une autre ambiance (thermique par exemple).

Ces deux derniers points (état et présence) afin de déterminer éventuellement des épreuves spécifiques non « noyées » dans une synthèse globale.

Une situation est composée d'un ou plusieurs « évènements », chacun d'eux étant caractéristique d'un environnement particulier qui sera décrit : par exemple, la situation transport logistique par voie routière peut comprendre les évènements tels que : chocs de manutention, vibration bonne route, vibration mauvaise route.

Dans une situation, le matériel est soumis successivement à chacun des environnements correspondants aux évènements de la situation.

Deux situations peuvent être :

- « En série » lorsque le matériel est soumis successivement à l'environnement de chacune des situations, qui se succèdent donc chronologiquement,
- « En parallèle » quand le matériel est soumis à l'une ou l'autre des deux situations, mais jamais aux deux successivement. Il s'agit donc de deux possibilités d'utilisation qu'il convient de prendre en compte, sachant qu'une seule d'entre elles sera choisie (matériel transporté par avion ou par hélicoptère par exemple).

Il est important de prendre en compte tous les environnements que subira le matériel et donc de n'oublier aucune situation lors de l'analyse ni aucun évènement. Tout oubli peut se traduire par un sous-test.

3 CARACTERISATION DU PROFIL DE VIE

3.1 Les conditions de stockage

3.1.1 Types d'entreposage à long terme

Air conditionné (*catégorie 1*),
Bâtiment souterrain (*catégorie 2*),
Bâtiment permanent (*catégorie 2*),
Structures semi-permanentes (*catégorie 3*),

3.1.2 Types de stockage temporaire

Conteneur (*catégorie 3*),
Casemate (*catégorie 3*),
Igloo (*catégorie 3*),
Tente (*catégorie 4*),
Aucune couverture (*catégorie 5*),

3.1.3 Types de stockage à bord de bâtiment naval

Conteneur (*catégorie 3*),
Prise/RFA (*catégorie 1*),
Compartiment couvert sur système d'armes (*catégorie 2*),
Pont (*catégorie 5*),

3.2 Les conditions de transit

3.2.1 Types de transport

Conteneur (pour tous véhicules) (*catégorie 3*),

Matériels emballés :

Véhicule à roues non blindé (*catégorie 4*),
Véhicule à roues dur (*catégorie 3 ou 4*),
Véhicule blindé (coque interne) (*catégorie 1 ou 2*),
Véhicule blindé (Externe) (*catégorie 5*),
Aéronefs à voilure tournante (*catégorie 3*),
Avions à aile fixe (*catégorie 3*),
Chariot de rail (transport moderne) (*catégorie 3*),
Chariot de rail (général) (*catégorie 5*),
Portatif (*catégorie 5*),

Matériels non emballés :

Véhicule à roues non blindé (*catégorie 4*),
Véhicule à roues dur (*catégorie 4*),
Véhicule blindé (coque interne) (*catégorie 1 ou 2*),
Véhicule blindé (Externe) (*catégorie 5*),
Aéronefs à voilure tournante (*catégorie 3*),
Avions à aile fixe (*catégorie 3*),
Chariot de rail (transport moderne) (*catégorie 3*),
Chariot de rail (général) (*catégorie 5*),
Portatif (*catégorie 5*),

3.3 Catégories de stockage et de transport

Les catégories suivantes sont définies en termes de conditions environnementales qui affectent le matériel et ne sont pas prévues pour spécifier la conception de stockage.

3.3.1 Catégorie 1 : stockage spécial

Les conditions environnementales sont contrôlées (par exemple air conditionné). La température et l'humidité relative doivent être maintenues dans les limites pour lesquelles le taux de détérioration chimique est connu pour être stable. L'humidité est contrôlée pour obtenir l'humidité désirée par la mesure globale de l'humidité du matériel stocké, et pour empêcher le transfert d'humidité entre le matériel et son environnement.

3.3.2 Catégorie 2 : stockage (à long terme) standard

La température est contrôlée et l'humidité n'atteint pas des valeurs extrêmes. Ce n'est pas obligatoirement de l'air conditionné, cependant la température n'atteindra pas les extrêmes de la température ambiante extérieure. L'humidité environnante est modérée, sinon il y a une protection suffisante pour garder l'humidité du matériel dans des limites acceptables.

3.3.3 Catégorie 3 : stockage aéré

Il y a une protection suffisante des effets de la température de l'air environnant et de l'hygrométrie pour que le matériel ne subisse pas de conditions plus sévères que les conditions météorologiques ambiantes. La surface externe de la structure de stockage absorbera le rayonnement solaire tout en fournissant une ventilation directe au cours des périodes chaudes, et empêchera toujours le vent et la pluie d'agresser le matériel.

3.3.4 Catégorie 4 : couverture provisoire

Elle apporte au matériel une certaine protection contre les éléments, mais n'empêchera pas la convection d'accroître ou d'abaisser la température du matériel à une valeur différente des niveaux météorologiques ambiants. La protection contre les précipitations de pluie existe, mais les niveaux d'humidité dépendront davantage de l'environnement, du dispositif de couverture protecteur et de l'emballage du matériel.

3.3.5 Catégorie 5 : protection faible ou aucune couverture

Le matériel peut être affecté par la convection et la conduction conduisant à des valeurs de température induites extrêmes. Les précipitations directes et les eaux du terrain peuvent affecter le matériel, et les niveaux d'humidité dépendront largement de l'environnement et de la protection offerts au matériel par son emballage.

4 METHODOLOGIE DETAILLEE D'ELABORATION D'UN PROFIL DE VIE

4.1 Etablissement du logigramme

Cette étape prend effet en phase de faisabilité et peut être complétée en début de conception.

La caractérisation du profil de vie d'un matériel, quel que soit son niveau de complexité (système, équipement, composant...) commence par l'élaboration d'un logigramme. Le but est de faire ressortir toutes les situations « normales » auxquelles sera soumis ce matériel depuis sa sortie d'usine jusqu'à sa mise au rebut.

Cela suppose notamment de pouvoir faire l'inventaire des différents scénarios d'utilisation du matériel étudié. Pour certains produits, tels qu'un satellite, un lanceur spatial, un poste de transformation électrique par exemple, ces scénarios sont relativement simples à établir car la variabilité d'usage est très faible. Pour d'autres produits, de type « grand public » notamment (véhicule automobile, téléphone portable, tondeuse à gazon...), l'établissement de ces scénarios nécessite davantage d'imagination en raison d'une très grande variété d'usages possibles, en rapport avec la typologie de l'utilisateur.

Quel que soit le cas de figure, les recommandations suivantes constituent un préalable important à l'établissement d'un logigramme pertinent :

- Bien identifier toutes les fonctions que le matériel est supposé accomplir (apport de l'analyse fonctionnelle)
- Identifier les événements « normaux », y compris les événements « rares » mais pas « hautement improbables », que rencontrera le matériel depuis sa sortie jusqu'à la fin de son exploitation et/ou sa mise au rebut, en n'oubliant pas les phases de stockage (mode dormant), les opérations de maintenance et les séquences de transport
- Identifier les modes d'utilisation du matériel et les fonctions requises selon les séquences
- Identifier la configuration du matériel selon les séquences (par ex : le matériel est ou non dans un container).

En pratique, les événements décrits sur le logigramme du profil de vie doivent être :

- Exhaustifs mais réalistes : il doit donc s'agir d'événements « normaux », c'est-à-dire ayant une probabilité non négligeable d'être rencontrés au cours de la vie du matériel
- Compatibles avec les usages « normaux » qu'en feront les différents utilisateurs
- Intelligibles pour les différents métiers utilisateurs (spécificateurs, concepteurs, SdF, soutien...)

Sur la base de ces recommandations, l'élaboration du logigramme du profil de vie du système considéré obéit à la logique suivante :

- a. On définit des « états globaux » du système pouvant être appelés « segments » correspondant à des catégories d'usage bien déterminées. Ainsi :
 - Dans le cas d'un véhicule automobile : on peut définir le segment « sortie d'usine », le segment « séjour chez le concessionnaire », le segment « utilisation client », le segment « rebut et récupération »
 - Dans le cas d'un missile : on peut définir le segment « sortie d'usine », le segment « stockage », le segment « mission d'entraînement », le segment « mission opérationnelle », le segment « tests et maintenance », le segment « mise au rebut »

- Dans le cas d'un aspirateur : on peut définir le segment « sortie d'usine », le segment « stockage en magasin », le segment « transport chez le client », le segment « utilisation opérationnelle », le segment « mode dormant chez le client », le segment « entretien ».

Deux remarques importantes sont à faire en ce qui concerne les « segments » au sens où nous les avons définis :

- les « états globaux » ou « segments » constituent presque toujours une agrégation de phases et/ou de sous phases, et a fortiori de « situations ». Il s'agit donc d'un premier niveau de décomposition du profil de vie du système considéré que l'on peut qualifier de « niveau 1 ». Aucune caractérisation de l'environnement et de configuration du système ne peut être associée à ce niveau de décomposition étant donné la multiplicité des situations possibles qui le sous-tendent ;
- les segments, pas plus que les phases, sous-phases ou situations qui les constituent, n'ont vocation à traduire un séquençage temporel dans le profil de vie du produit. Par exemple, un segment « transport » peut contenir des situations liées au transport qui pourront se dérouler, selon les cas, avant le segment « utilisation opérationnelle » (ex : transport en sortie usine), en intermittence avec ce segment (ex : transport pour dépose et maintenance) ou après ce dernier (ex : transport pour démantèlement).

Concernant la deuxième remarque, on peut parfois chercher à établir, dès le départ, un graphe d'états séquentiels qui pourra servir d'entrée au logigramme du profil de vie du produit. Un exemple simplifié de graphe d'états est donné sur la *figure 3* de ce chapitre. L'intérêt majeur de ce graphe d'états est, d'une part, d'indiquer visuellement l'enchaînement temporel des états du système et, d'autre part, de faciliter le comptage des occurrences des différents états indiqués dans le profil de vie complet, grâce à la présence de boucles et de flèches. En général, pour faciliter la lecture d'un graphe d'états, on identifie les différentes typologies d'états à l'aide de symboles appropriés, par exemple : un carré pour la manutention, un triangle pour la logistique, un rond pour le stockage, un losange pour l'utilisation opérationnelle, etc.

En pratique, la faisabilité et l'intérêt d'un graphe d'états séquentiels sont d'autant plus manifestes que le profil de vie du produit obéit à un séquençage invariable, quels que soient les exemplaires évoluant dans ce profil de vie. Ce serait le cas, par exemple, d'un satellite d'observations dont la mission est parfaitement programmée, d'un lanceur ou d'une navette spatiale ou encore de missiles destinés à des missions d'entraînement ou à des tirs réels.

A l'inverse, des systèmes tels qu'un véhicule automobile ou d'autres produits de type « grand public » ont des conditions d'emploi extrêmement variées, en raison de la diversité des profils utilisateurs, ce qui rend d'autant plus complexe l'établissement du graphe d'états séquentiels.

- b. On éclate ensuite les « segments » en « états intermédiaires » pouvant être appelés « phases ».
- Ces états intermédiaires détaillent davantage le contenu des « segments », soit, selon les cas :
- En l'absence de séquençage : en définissant les modalités possibles d'un « segment » (ex : si le segment concerné est une sortie d'usine, les phases associées peuvent être : transport par fer, transport par route, transport par mer...)
 - Avec séquençage : en définissant les différents états successifs pouvant être rencontrés par le système à l'intérieur du segment considéré (ex : si le segment correspond à l'utilisation client d'un véhicule, les phases associées peuvent être : roulage, parking, entretien...)

Dans la plupart des cas, les « phases » ainsi définies ne peuvent encore être assimilées à des « situations » car elles ne peuvent être encore caractérisées par des environnements ou des modes de configurations suffisamment figés. Ce 2^{ème} niveau de décomposition du profil de vie du système que l'on peut qualifier de « niveau 2 » doit donc en général être éclaté à son tour en « sous-phases »,

voire en « sous-sous-phases » avant que l'on puisse identifier les « situations » permettant de caractériser l'environnement et la configuration du système.

Exemple de phases dans le cas du segment « mission opérationnelle » d'un missile air-air : préparation avant vol, embarquement sous avion, vol captif, vol libre, vol propulsé, frappe de la cible.

- c. On éclate les phases (*niveau 2*) en « sous-phases » (*niveau 3*) et au-delà si nécessaire (*niveaux 4,5...*) de manière à atteindre le niveau de décomposition auquel pourront être associés un environnement et une configuration donnés. Ce dernier niveau est appelé « situation ».

Exemple de sous-phases identifiables dans la phase « roulage » du segment « utilisation client » d'un véhicule automobile : roulage urbain, roulage sur route, roulage en montagne, roulage sur autoroute...

- d. Le dernier niveau de décomposition à retenir correspond à la notion de « situation ». Il s'agit souvent d'un niveau de décomposition d'*ordre 3* et parfois *4* du profil de vie, au-delà duquel une nouvelle décomposition n'aurait pas ou peu d'utilité pour caractériser l'environnement ou la configuration associée.

La nécessité d'atteindre le niveau de décomposition correspondant à la notion de situation est à mettre en liaison avec les besoins de certains métiers, tels que les concepteurs, développeurs et spécificateurs d'essais.

Exemple de situations identifiables dans la sous-phase « roulage urbain » d'un véhicule automobile : roulage normal, freinage urbain, arrêt feu rouge, créneau...

De plus, le traitement des événements accidentels à l'aide d'une analyse de risques ou à partir du retour d'expériences peut conduire, selon les recommandations du *point clé n° 8*), à identifier des situations « accidentelles » qui doivent être intégrées dans le profil de vie du produit et gérées au même titre que les situations « nominales ». Ainsi, et toujours dans le cas d'un véhicule automobile : conduite en montagne avec surcharge de poids dans le véhicule, conduite avec pneus insuffisamment gonflés, passage d'un nid de poule avec une vitesse excessive, etc. Dans le cas plus particulier où l'événement « accidentel » donne lieu à un dépassement passager de la valeur spécifiée d'un agent d'environnement donné (ex : pointe de vent au-delà de *200 km/h*, grêlons de diamètre supérieurs à *1 cm*, ...), la solution peut consister dans ce cas, non pas à ajouter une situation accidentelle spécifique, mais à gérer ce dépassement de la valeur spécifiée de l'agent d'environnement dans la fiche de situation concernée (*cf. étape 4 de la méthodologie*).

La *figure 3*, présentée à la suite du graphe d'états séquentiels (*figure 2*), illustre le principe directeur de cette décomposition progressive du profil de vie en segments, phases, sous-phases et ainsi de suite jusqu'aux situations qui seront prises pour référence dans la caractérisation de l'environnement, de la configuration du matériel et de ses différentes fonctions.

Sur ce principe, la *figure 4* donne, à titre d'exemple, un extrait de logigramme simplifié du profil de vie caractérisant un véhicule automobile.

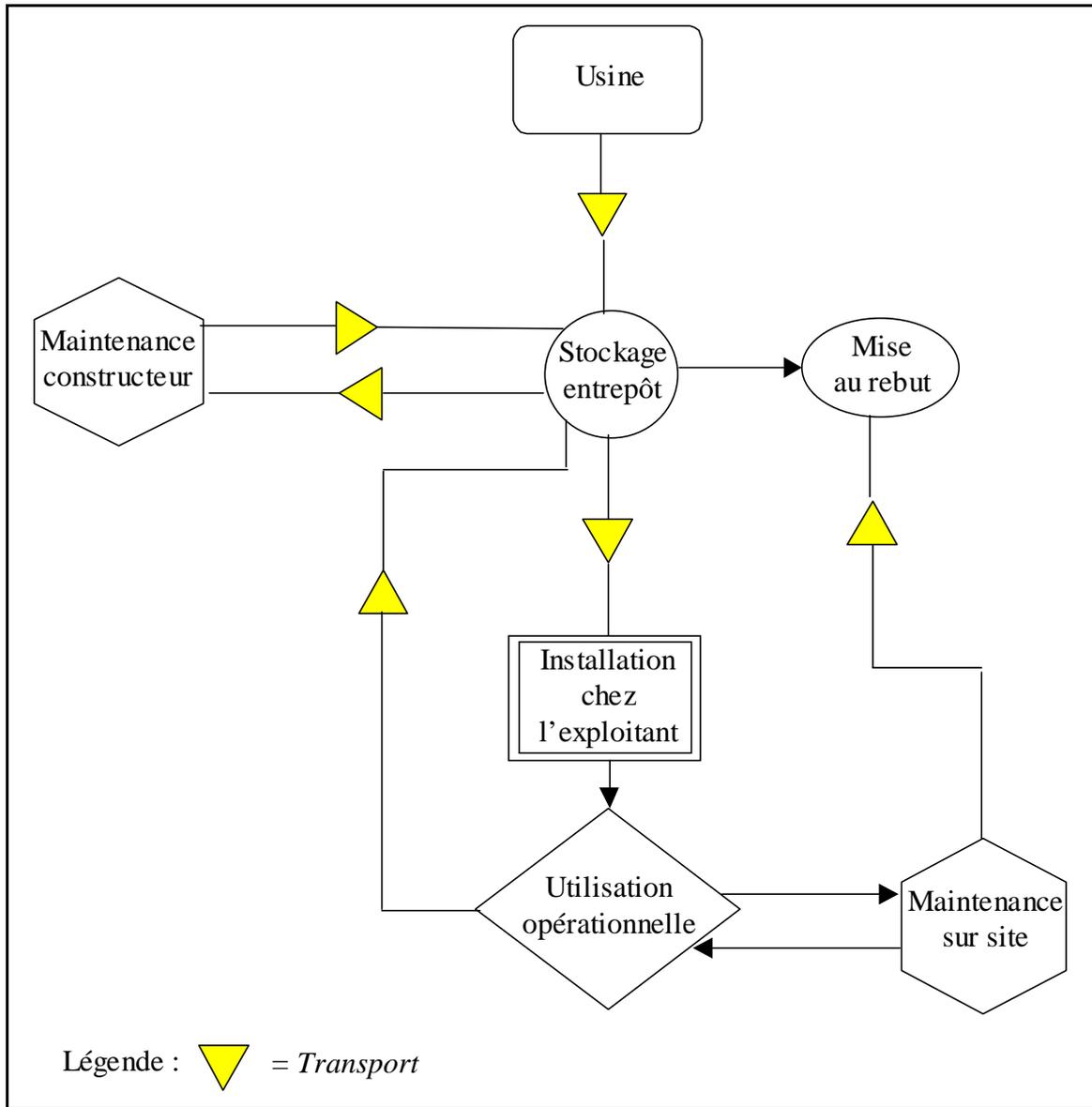


Figure 2 : Exemple simple de graphe d'états séquentiels (Applicable aux systèmes à faible variabilité d'usage)

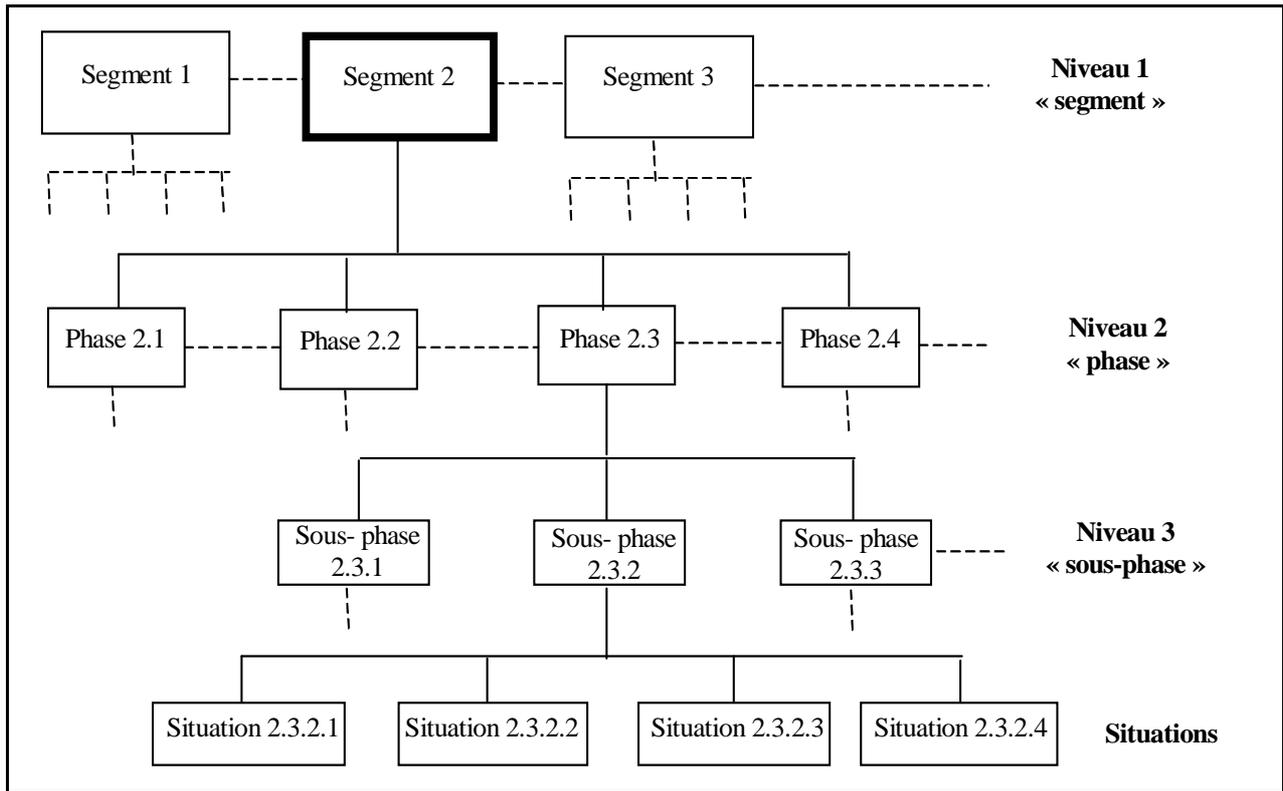


Figure 3 : Principe de l'arborescence du profil de vie

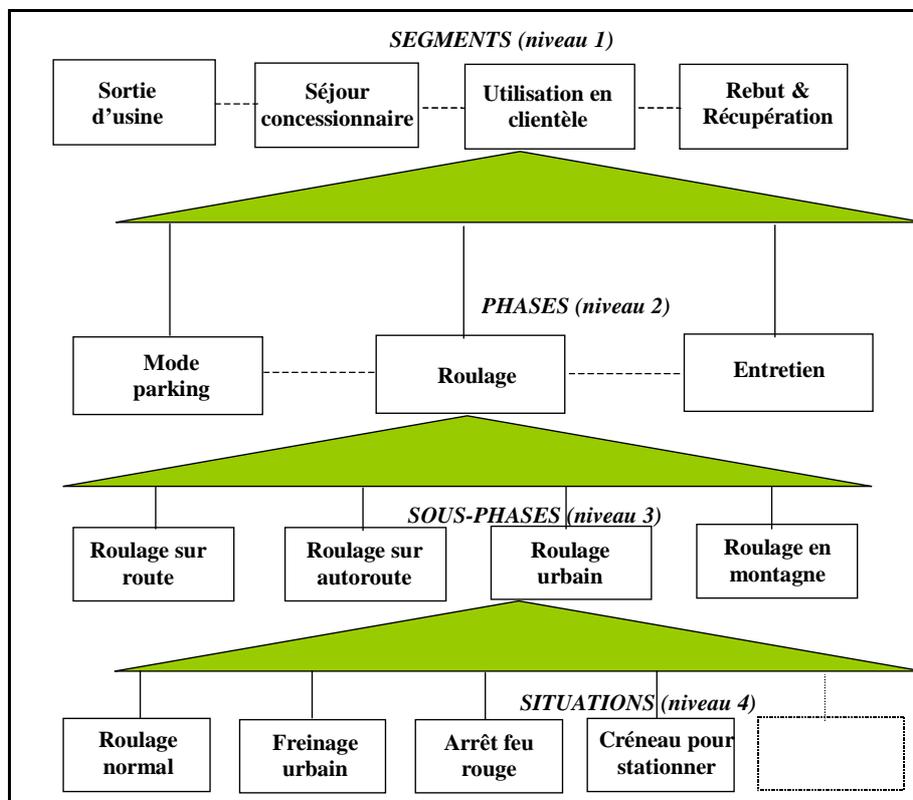


Figure 4 : Arborescence simplifiée du profil de vie d'un véhicule automobile

4.2 Etablissement du tableau des occurrences

Dans cette 2ème étape de la démarche, qui prend effet en phase de conception du matériel, il s'agit de définir des indicateurs permettant de quantifier les durées typiques et/ou extrêmes¹ de la « vie » du système ainsi que des segments, phases, sous-phases et situations mis en évidence sur le logigramme du profil de vie. Dans le cas où ces événements présentent un caractère récurrent, il est même préférable de définir le nombre d'occurrences attendues de ces différents états du matériel ainsi que les durées typiques et extrêmes de chacune de ces occurrences.

Cet exercice ne pose guère de problème dans le cas de missions programmées telles que celle d'un satellite ou d'un lanceur spatial pour lesquels les séquences d'événements sont bien connues et caractérisées par une faible variabilité temporelle.

Il est un peu plus complexe dans le cas de systèmes d'armes, tels qu'un parc de missile, dont les phases et les situations obéissent à une chronologie assez bien maîtrisée, même si leurs durées présentent un certain degré de variabilité.

L'exercice est nettement plus complexe dès que l'on a affaire à un produit de type « grand public » (ex : matériel domestique, véhicule automobile, téléphone portable...) caractérisé par une très grande variété d'usages. Ainsi, à titre d'exemple, il n'est pas aisé de déterminer une valeur typique du nombre de kilomètres parcourus en montagne par an par un véhicule automobile de type donné, et encore moins pour ce qui concerne le nombre de créneaux qu'il sera amené à faire au cours de son utilisation client. De même, le taux d'utilisation d'un téléphone portable dépend éminemment du profil de son propriétaire.

Telle est la raison qui incite à recommander de ne pas se contenter d'associer des valeurs typiques (fixes) aux différents états du produit inventoriés sur le logigramme, mais de compléter ces valeurs typiques par des valeurs extrêmes (min, maxi) pouvant être considérées comme des limites raisonnables.

Cet exercice nécessite, tout particulièrement dans le cas des produits ne répondant pas à une utilisation programmée, et donc plus particulièrement dans le cas des matériels « grand public », une exploitation pertinente du retour d'expériences « positif » sur des matériels de même nature. Il peut si nécessaire justifier la réalisation de sondages auprès de la clientèle concernée sur la manière dont tout un chacun utilise ce type de matériel.

Un modèle typique de tableau d'occurrence est proposé sur le *tableau 1*.

¹ Ces durées peuvent être exprimées, selon les cas, en nombre d'heures, en kilomètres parcourus, en nombre de cycles, etc.

Code segment : S2			Libellé : utilisation en clientèle	Durée d'une occurrence			Fréquence d'occurrences		
				typique	mini	maxi	typique	mini	maxi
				x		x	1		x
Code phase	Code S/phase	Code situation	Libellé associé (phase, sous-phase, situation)	Durée d'une occurrence			Nombre d'occurrences		
				typique	mini	maxi	typique	mini	maxi
S21			MODE PARKING	X	X	X	X	X	X
	S212		Parking couvert	X	X	X	X	X	X
		S2121	XX	X	X	X	X	X	X
		S2122	XX	X	X	X	X	X	X
	S212		Parking découvert	X	X	X	X	X	X
		S2121	XX	X	X	X	X	X	X
		S2122	XX	X	X	X	X	X	X
S2123		XX	X	X	X	X	X	X	
S22			PHASE ROULAGE	X	X	X	X	X	X
	S221		Conduite urbaine	X	X	X	X	X	X
		S2211	Roulage urbain	X	X	X	X	X	X
		S2212	Freinage urbain	X	X	X	X	X	X
		S2213	Arrêt feu rouge	X	X	X	X	X	X
		S2214	Créneau	X	X	X	X	X	X
	S222		Conduite sur route	X	X	X	X	X	X
		S2221	XX	X	X	X	X	X	X
		S2222	XX	X	X	X	X	X	X
	S223		Conduite sur autoroute	X	X	X	X	X	X
		S2231	XX	X	X	X	X	X	X
S2232		XX	X	X	X	X	X	X	
S23			PHASE ENTRETIEN	X	X	X	X	X	X
	S231		Entretien périodique (révisions)	X	X	X	X	X	X
		S2311	XX	X	X	X	X	X	X
		S2312	XX	X	X	X	X	X	X
	S232		Contrôle technique	X	X	X	X	X	X
		S2321	XX	X	X	X	X	X	X
S2322		XX	X	X	X	X	X	X	

Tableau 1 : Exemple de tableau d'occurrence des différents états du profil de vie

4.3 Etablissement du tableau des agents d'environnement par situations

Cette étape a pour objet de préciser la nature de tous les agents d'environnement (naturels et induits) auxquels sera soumis le système considéré dans chacune des situations identifiées sur le logigramme de son profil de vie (i.e. niveau de décomposition le plus fin du logigramme). Elle est initiée en **phase de conception** et doit être affinée en **phase de développement**, avec la prise en compte des environnements induits.

On peut pour cela faire appel à des tableaux adaptés à ce besoin et dont les têtes de colonnes font apparaître les libellés d'environnement pré renseignés (ex : chaud, froid, humidité, pression...). En début de chaque ligne de ces tableaux sont indiqués les codes et les libellés des situations identifiées. La présence d'un repère (ex : une croix ou un gros point noir) dans la case d'intersection d'un agent d'environnement donné et d'une situation donnée traduira le fait que cet agent présente une corrélation avec la situation considérée. A l'inverse, l'absence de repère signifie que l'agent d'environnement est absent dans cette situation.

Les agents d'environnement peuvent se répartir en catégories différentes. On distingue généralement les catégories suivantes :

- environnement climatique (ex : chaud, froid, humidité, pression...);
- environnement mécanique (ex : vibrations, chocs...);
- environnement électrique et électromagnétique (ex : cycles marche/arrêt, EMI, ESD, rayonnements);
- environnement chimique (ex : moisissures, contaminants chimiques...).

Dans les cas où les agents d'environnement à prendre en compte sont relativement peu nombreux, un seul tableau peut suffire (*cf. tableau 2*). Dans le cas inverse, on peut prévoir autant de tableaux qu'il y a de catégories différentes d'environnement (*de 2 à 4 par exemple*). De même, la mise en évidence d'un nombre important (*plus de 30 par exemple*) de situations différentes dans le logigramme du profil de vie peut imposer de prévoir plusieurs tableaux, par exemple autant qu'il y a de phases (voire de sous-phases).

Le tableau 2 propose un exemple de modèle de tableau présentant de manière synthétique les corrélations entre les situations du profil de vie du système et les agents d'environnement envisageables.

Segment	Sous-Phase	Situation	AGENT D'ENVIRONNEMENT												
			Climatique					Mécanique		Electromagnétique			Divers		
			Froid	Chaud	Hum	Pression	Pluie	Givre	Vibrations	Chocs	M/A	EMI	ESD	Gaz	Graisse
S1	S11	S111							X	X			X	X	X
		S12		X	X		X	X				X	X		
		S13		X							X				
	S12	S121	X	X						X					
		S122				X									X
	S13	S131			X				X	X					X
S132			X					X			X				
S2	S21	S211							X	X		X			
		S212					X	X							
	S22	S221	X				X								
		S222		X							X		X		
		S223		X	X			X		X	X				
	S224		X	X											
S3	S31	S31		X											
		S32													
	S32	S321					X		X						
		S322	X		X		X		X	X					
	S33	S331	X						X	X					
		S332		X		X			X	X				X	
S34	S341		X	X											
	S342										X				
S4	S41	S411	X		X	X				X	X	X	X		
		S412		X	X			X				X			
	S42	S421												X	
		S422	X				X		X		X				
		S424	X	X					X						
		S425	X											X	
	S43	S431								X					
		S432		X				X		X					
	S44	S441							X						
		S442		X	X		X		X						
		S443		X			X		X		X				
	S45	S451					X			X	X		X		
S452		X						X			X				
S453			X					X				X			

Tableau 2 : Exemple de tableau des agents d'environnement par situation

4.4 Etablissement des fiches de situation

Cette étape a pour objectif de caractériser aussi finement que possible chacune des situations identifiées sur le logigramme du profil de vie du système. Elle s'élabore dès la **phase de conception** et se poursuit en **phase de développement** avec la connaissance accrue des solutions techniques et des environnements induits.

Cette caractérisation de chaque situation peut être récapitulée sur une fiche dont le format générique, présenté sur la figure 5, est à adapter :

- A la nature du produit,
- A son profil de vie,
- A la nature des agents d'environnement associés.

Il y a donc, en principe, autant de fiches qu'il y a de situations identifiées.

Toutefois, il arrive que certaines situations bien différenciées dans le profil de vie soient caractérisées par des agents d'environnement de même nature et ayant les mêmes valeurs. Cela peut se produire dans le cas où elles appartiennent à des sous-phase, phases ou segments différents, ou encore dans le cas où il a été jugé utile de les différencier pour des raisons très spécifiques, liées par exemple à certains modes opératoires qui n'interfèrent pas sur l'environnement, mais qui peuvent avoir un intérêt pour la logistique d'entretien ou les conditions d'utilisation. Dans ce cas, il est tout à fait possible de ne créer qu'une fiche commune à toutes ces situations caractérisées par le même environnement.

Certaines rubriques de la fiche reprennent les informations déjà établies au cours des étapes précédentes. Il s'agit ainsi de :

- La situation concernée (avec rappel du segment, de la phase et éventuellement de la sous-phase) ;
- L'occurrence de la situation dans le profil de vie (valeurs typiques, mini et maxi) ;
- La durée d'une occurrence de la situation (valeurs typiques, mini et maxi) ;
- La liste des agents d'environnement corrélés avec la situation.

A ces rubriques « de base » viennent s'ajouter à présent des informations complémentaires et nécessaires à la bonne compréhension de chaque situation. Ces rubriques intéressent tout particulièrement les concepteurs et les développeurs car elles servent d'entrée aux choix de conception et au dimensionnement des différentes fonctions.

Il s'agit d'abord de **caractériser chaque agent environnement** corrélé avec la situation, notamment en termes de **valeurs**, de **fréquences** et de **durées**. En particulier, il est souhaitable, quand l'information est disponible, de préciser les proportions de temps au cours duquel la valeur d'un agent d'environnement se trouve dans une plage donnée (ex : plage de température comprise entre 25°C et 30°C, humidité relative comprise entre 75% HR et 90% HR, ...).

Dans le meilleur des cas, on peut être amené à associer un histogramme expérimental ou même une loi de probabilité, en général tronquée, à la valeur de l'agent d'environnement. Il est également utile de prévoir une rubrique « commentaires » associée à la caractérisation de chaque agent d'environnement, de manière à pouvoir fournir des renseignements utiles et pas toujours traduisibles de manière chiffrée.

Cela permet, par exemple, de faire référence à des normes générales ou spécifiques à une catégorie de matériel donné (ex : matériel téléphonique, matériel informatique, ferroviaire, avionique, ...) et aussi de fournir différentes précisions, par exemple sur le caractère accidentel associé à une plage de valeur particulière de l'agent d'environnement considéré.

Il se peut, par ailleurs, que plusieurs situations distinctes soient concernées par un même agent d'environnement bien déterminé et que la caractérisation fine de cet agent d'environnement nécessite beaucoup d'informations et donc de texte. Dans ce type de cas, et pour des raisons d'économie documentaire et de lisibilité des fiches, il est recommandé de prévoir, dans les fiches de situations concernées, des renvois, pour l'agent d'environnement commun, à une fiche (ou plusieurs fiches) consacrée spécifiquement à la caractérisation fine de cet agent. En d'autres termes, cette fiche d'environnement sera « appelée » par les différentes fiches de situations concernées par cet agent d'environnement particulier.

Selon les cas, la caractérisation des agents d'environnement peut être établie à partir de l'une des trois méthodes suivantes

- Mesures réelles effectuées dans des conditions aussi proches que possible de celles de la situation considérée.
- Estimation de la valeur de l'agent de l'environnement à partir :
 - De banques de données relatives à un environnement relevé dans des conditions similaires à celles de la situation considérée ;
 - De calculs ou d'essais partiels.
- Utilisations de valeurs forfaitaires ou « refuges » à partir de documents à caractère normatif tels que :
 - STANAG 4370, 2914, 2895
 - CEI 68768
 - MIL STD 810 D
 - GAM EG 13
 - RE Aero 612.16, 612.17, 612.18
 - etc.

Naturellement, la caractérisation de l'environnement obéit à un processus récurrent puisqu'elle s'affine depuis la phase de conception jusqu'à la phase de développement du programme, notamment grâce à la connaissance accrue des environnements induits.

Au-delà de la caractérisation de l'environnement, les trois rubriques suivantes ont encore à être renseignées :

- **La configuration d'emploi du système** : il peut s'agir, par exemple, du type de protection ou de conditionnement retenu, de la position du système dans son porteur, d'un lieu de manutention, d'un état général du système (ex : actif ou en mode dormant), de l'interface possible du système avec une interface générant des perturbations, etc.
- **L'état de fonctionnement du système** (et éventuellement de ses principales fonctions de service) dans la situation donnée : il peut s'agir, selon les cas, d'un état du type « actif continu » ou du type « marche/arrêt » ou du type « fonctionnement intermittent » ou encore du type « dormant ».

D'une manière générale, les fiches de situations intéressent au premier chef les concepteurs, développeurs et acteurs des essais. Dans une moindre mesure, elles intéressent les acteurs de la *SdF*

pour ce qui concerne par exemple l'état des fonctions de service du système pour chacune des situations identifiées. Elles peuvent encore intéresser les acteurs de la logistique, dès lors qu'elles identifient les états de fonctionnement du produit ainsi que les opérations de relevés ou de contrôles en rapport avec certaines situations.

Les fiches de situation s'élaborent, en principe, au cours de la phase de conception avec une caractérisation préliminaire de l'environnement. Elles sont reprises et affinées au cours de la phase de développement en prenant en compte la caractérisation de plus en plus fine de l'environnement (apport des relevés de mesures, connaissance des environnements induits, effets de proximité, etc.).

Remarque: l'établissement des fiches de situation sert d'entrée à la spécification des niveaux des agents d'environnement pour le produit considéré. Il suffit pour cela de retenir, pour chaque agent d'environnement, le niveau majorant recensé sur la totalité des situations inventoriées. A titre d'exemple, dans le cas d'une vibration aléatoire, on pourra retenir l'accélération maximale. Dans le cas de la température, la valeur haute de la spécification correspondra à la température maximale rencontrée, alors que la valeur basse correspondra à la température minimale rencontrée, etc.

En conséquence, une fiche de synthèse des valeurs majorantes pour chaque agent d'environnement pourra être établie à l'appui des fiches de situation et servira ainsi d'entrée à la spécification du produit.

4.5 Enrichissement du profil de vie en phase d'exploitation

L'enrichissement du profil de vie du matériel à partir des données acquises en phase opérationnelle suppose l'existence d'un retour d'expérience (*REX*) de l'exploitant du matériel à destination du constructeur et/ou du donneur d'ordre.

Dans le meilleur des cas, ce retour d'expériences peut être assuré par la transmission directe par l'exploitant de toutes les données d'exploitation (qualitatives et/ou quantitatives) du matériel : situations rencontrées (notamment accidentelles), fréquences et durées de ces situations, relevés des valeurs de certains agents d'environnement, aléas d'exploitation, incidents rencontrés, etc. Ce cas correspond assez bien, par exemple, à ce qui se pratique chez les utilisateurs de flottes de matériels de transport.

Dans un second type de cas, les informations transmises se limitent aux incidents observés, à leur caractérisation et aux circonstances associées. Il s'agit là de la partie « négative » du *REX* tel qu'il est pratiqué, en général, par les Services Après-vente (cas des produits grand public notamment).

Dans un troisième type de cas enfin, en l'absence de *REX* formalisé, certaines informations relatives aux modalités du profil de vie réel peuvent être obtenues à l'aide de sondages et/ou d'interviews de la part du constructeur et/ou du donneur d'ordre auprès des utilisateurs. Cette pratique est assez courante, là encore, dans le domaine des produits grand public.

Selon les situations rencontrées pour la remontée des informations, leur bouclage sur le profil de vie « prévisionnel » sera plus ou moins exhaustif.

- Le premier cas de figure permet naturellement l'actualisation la plus précise du profil de vie « prévisionnel » puisqu'il intègre a priori toutes les données d'exploitation sur l'ensemble d'un parc de matériels, y compris le retour d'expériences « positif ».
- Le second cas de figure, bien que limité aux informations en rapport avec les incidents techniques, peut permettre cependant d'attirer l'attention sur l'existence de certaines situations incidentelles ou fugitives qui peuvent avoir un effet significatif sur le comportement du matériel considéré et donc de rajouter ces situations dans le profil de vie « prévisionnel ».
- Le troisième cas de figure, bien que ne constituant qu'un échantillon limité des conditions d'usage d'un parc de matériels en général très important, peut cependant permettre d'identifier certaines situations critiques et des corrélations importantes entre ces situations et le comportement des matériels. Ces situations pourront donc venir, là encore, compléter le profil de vie « prévisionnel ».

Les avantages de cette réactualisation du profil de vie « prévisionnel » au cours de la phase d'exploitation du matériel sont essentiellement les suivants :

- La mise à disposition d'un profil de vie plus proche de la réalité dès la phase de faisabilité de futurs matériels répondant à des besoins similaires.
- La mise en évidence de situations « accidentelles » ou « critiques » dont il faudra tenir compte dans la conception et le niveau de performances de futurs produits à usage similaire.
- L'appréciation du potentiel de durée de vie existant pour un matériel donné en cours d'exploitation.

- L'établissement d'une extension possible de la durée d'usage spécifiée au départ pour un matériel donné, compte tenu du profil de vie « réel » constaté sur ce matériel à une époque donnée.

En définitive, cette activité dédiée à la caractérisation du profil de vie s'inscrit dans le prolongement naturel du traitement du *REX* et doit être considérée comme une activité d'ingénierie à part entière, pour le plus grand profit des différents acteurs de projet.

5 EXEMPLE : ELABORATION DU PROFIL DE VIE D'UN EQUIPEMENT DU DOMAINE CIVIL

Cet exemple concerne essentiellement l'élaboration du profil de vie prévu à l'étape 1 de la démarche de PCEM du profil de vie et concerne une application tirée du domaine civil : l'équipement concerné est un système de mesure de la qualité de l'air. Cet exemple est traité de façon complète (étape 1 à 4) dans l'exemple 1 du tome 5 (voir §1).

Un organisme chargé de la surveillance de la qualité de l'air en agglomérations souhaite faire l'acquisition d'un système de mesure lui permettant d'évaluer la teneur de l'atmosphère urbaine en polluants.

Il faut rédiger la spécification technique de besoin pour le compte de cet organisme et spécifiquement des éléments relatifs à la prise en compte des contraintes de l'environnement subi par le matériel.

La centrale de mesure permettra l'acquisition simultanée de 5 voies de mesure. La configuration et les résultats de mesure seront stockés sur un support informatique pour un traitement ultérieur. Une restitution immédiate sur support papier devra être possible.

Des laboratoires existent dans les villes A, B, C, D et E.

Le matériel sera basé dans laboratoire de la ville A. La durée de vie souhaitée est de 5 ans.

Le système de mesure sera utilisé dans l'un des « véhicules laboratoire » (camion ou véhicule léger existants). Il pourra être utilisé véhicule à l'arrêt (60 % du temps) ou véhicule en déplacement (40 % du temps).

Chaque année, le matériel sera utilisé une fois par chacun des quatre laboratoires des villes B à E. Son acheminement sera fait :

- Par voie aérienne vers B,
- Par voie routière vers C,
- Par voie ferrée vers D et E.

Le raccordement des chaînes de mesure sera fait une fois par an. La durée d'indisponibilité ne dépassera pas une semaine pour cette opération.

Les hypothèses retenues pour l'élaboration du profil de vie sont :

- L'ensemble des chiffres donnés ci-après est valable pour un système de mesure de pollution atmosphérique utilisé par un laboratoire parisien sur sa durée de vie (5 ans).
- Utilisation conventionnelle :
 - Dans 60% des cas, les mesures seront effectuées véhicule arrêté.
 - Dans 40% des cas, les mesures seront effectuées véhicule roulant.
- Situation d'emploi spécifique :
 - Le système doit pouvoir subir, au cours de sa vie, 4 déplacements dans les villes B à E de 2 semaines au maximum par an, à raison de 4 jours 1/2 d'utilisation par semaine.

- Les transferts se font depuis le laboratoire de A vers des laboratoires des villes B, C, D et E.
- Les acheminements du système vers les laboratoires B, C, D et E se feront par voie aérienne si la distance est supérieure à 600 km (B), par voie routière si la distance est inférieure à 400 km (C) et par voie ferrée dans les autres cas avec les liaisons nécessaires, et sont assurés par les utilisateurs.
- Maintenance (étalonnage) :
 - Une semaine par an, le système subira un étalonnage.

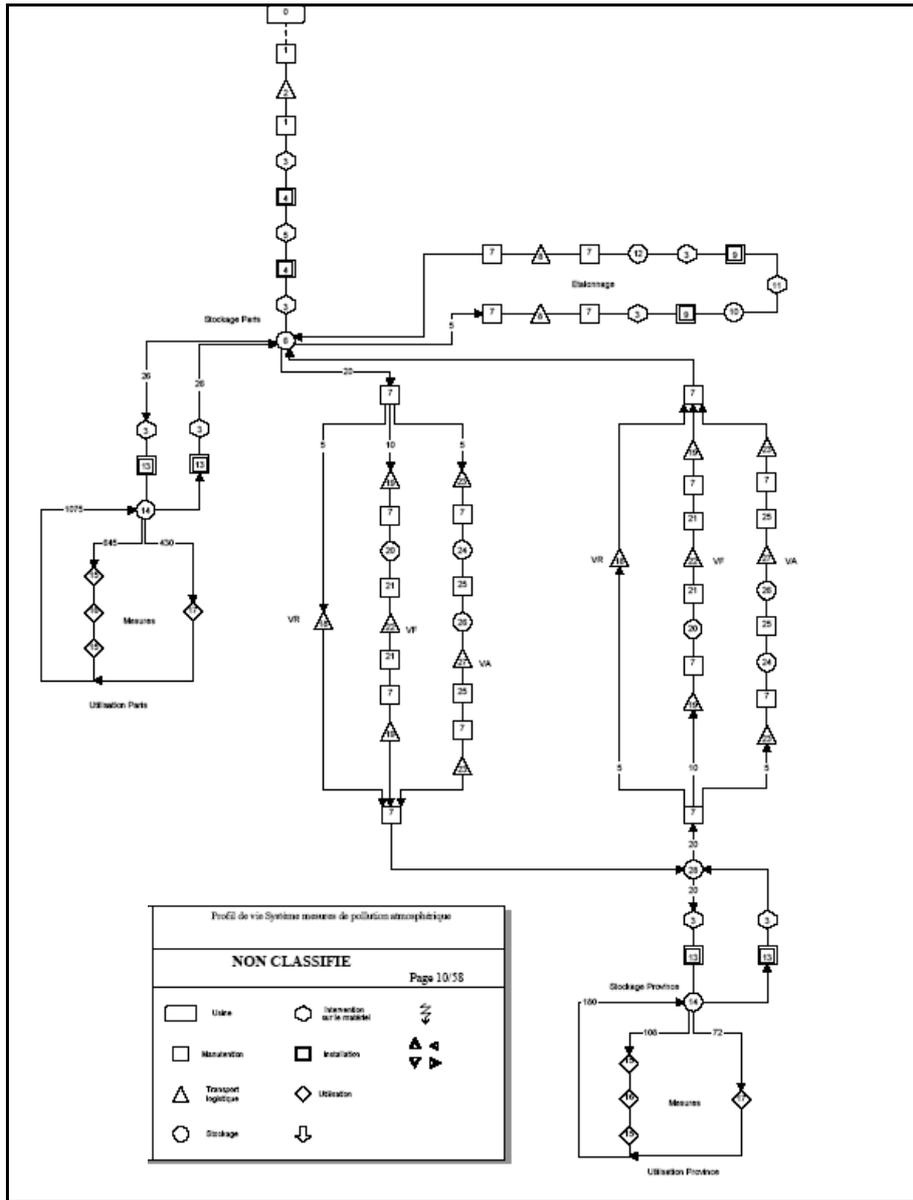


Figure 6: Profil de vie d'un système de mesure de la qualité de l'air

Tableau des Occurrences

Numéro de situation		Type	Libellé	Occurrence	Durée
1	A	Manutention	Chargement / Déchargement dans véhicule pour trajet usine/laboratoire	2	5 min
2	A	Transport logistique par voie routière	Transport usine/laboratoire	1	30 min
3	A	Intervention sur le matériel	Entrée / Sortie du système de son coffret de transport	104	5 min
4	A	Mise à poste	Cablage / Décablage pour recette fonctionnelle	2	2 h
5	A	Intervention sur le matériel	Recette fonctionnelle	1	8 h
6	A	Stockage	Stockage principal au laboratoire parisien		1920 h en 52 fois
7	A	Manutention	Chargement / Déchargement pour transfert du système	160	5 min
8	A	Transport logistique par voie routière	transport logistique pour étalonnage	10	30 min
9	A	Mise à poste	Installation / Désinstallation au banc d'étalonnage	10	2 h
10	A	Stockage	En attente d'étalonnage à poste sous tension	5	12 h
11	A	Intervention sur le matériel	Etalonnage du système	5	16 h
12	A	Stockage	En attente de départ au laboratoire dans son coffret de transport		352 h 30 min en 5 fois

DGA - DCE - LRBA

Tableau des Occurrences

Numéro de situation		Type	Libellé	Occurrence	Durée
13	A	Mise à poste	Installation / Désinstallation du système dans véhicule de mesures	92	2 h
14	A	Stockage	Attente à poste, dans hangar véhicule		3,4 ans en 1301 fois
15	A	Emport tactique par voie routière	Transfert du système sur le lieu de mesures	1506	30 min
16	A	Emport tactique sur poste fixe	Mesure à l'arrêt	753	7 h
17	A	Emport tactique par voie routière	Mesure en roulant	502	8 h
18	A	Transport logistique par voie routière	transport logistique Paris/Province	10	4 h 30 min
19	A	Transport logistique par voie routière	transport logistique entre la gare et le laboratoire	40	20 min
20	A	Stockage	Attente à la gare	20	30 min
21	A	Maintenance	Chargement / Déchargement du train	40	5 min
22	A	Transport logistique par voie ferrée	transport logistique Paris/Province en train	20	4 h
23	A	Transport logistique par voie routière	Transport logistique entre l'aéroport et le laboratoire	20	30 min
24	A	Stockage	Attente à l'aéroport	10	1 h

DGA - DCE - LRBA

Tableau des Occurrences

Numéro de situation		Type	Libellé	Occurrence	Durée
25	A	Manutention . . .	Chargement / Déchargement en soute	20	15 min
26	A	Stockage . . .	Attente en soute avant décollage	10	30 min
27	A	Transport logistique par voie aérienne . . .	Transport logistique Paris/Province en avion	10	1 h 30 min
28	A	Stockage . . .	Stockage principal en Province		1280 h en 40 fois

Tableau 3 : Tableau des occurrences du système de mesure de la qualité de l'air

6 PROFIL DE VIE A USAGE GENERIQUE (AECTP 100)

L'AECTP 100 propose à l'annexe E de l'AECTP 100 des exemples de valeurs de :

- kilométrage type par type de munition, type de porteur,
- durée typique de stockage en base arrière, en dépôt avancé et sur la ligne de front par type de munition,
- une description des différentes situations rencontrées pendant :
 - le portage par un fantassin,
 - le roulage sur véhicule à roues,
 - le roulage sur véhicule à chenilles,
 - le transport et l'emport sur aéronef à voilure fixe,
 - le transport et l'emport sur aéronef à voilure tournante,
 - le transport et l'emport sur bâtiments navals et sous-marins ;

On pourra éventuellement s'en inspirer, mais cela ne dispense pas d'une justification.

FIGURES

Figure 1 : Analyse du besoin sur le profil de vie 4
Figure 2 : Exemple simple de graphe d'états séquentiels (Applicable aux systèmes à faible variabilité d'usage)..... 11
Figure 3 : Principe de l'arborescence du profil de vie 12
Figure 4 : Arborescence simplifiée du profil de vie d'un véhicule automobile..... 12
Figure 5 : Exemple de fiche de situation (format générique à adapter) 20
Figure 6: Profil de vie d'un système de mesure de la qualité de l'air 24

TABLEAUX

Tableau 1 : Exemple de tableau d'occurrence des différents états du profil de vie..... 14
Tableau 2 : Exemple de tableau des agents d'environnement par situation..... 16
Tableau 3 : Tableau des occurrences du système de mesure de la qualité de l'air 27