



**HAL**  
open science

# Méthodes et outils pour la maîtrise de risques en ingénierie de l'obsolescence dans un contexte incertain : application à un équipementier automobile

Kevin Boissie

## ► To cite this version:

Kevin Boissie. Méthodes et outils pour la maîtrise de risques en ingénierie de l'obsolescence dans un contexte incertain : application à un équipementier automobile. Risques. Université Paris Saclay (COmUE), 2019. Français. NNT : 2019SACLC105 . tel-02651438

**HAL Id: tel-02651438**

**<https://theses.hal.science/tel-02651438>**

Submitted on 29 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Méthodes et outils pour la maîtrise de risques en ingénierie de l'obsolescence dans un contexte incertain : application à un équipementier automobile

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay  
préparée à CentraleSupélec

École doctorale n°573 Interfaces : approches interdisciplinaires,  
fondements, applications et innovations (Interfaces)  
Spécialité de doctorat : Sciences et technologies industrielles

Thèse présentée et soutenue à Saint Ouen, le 18 décembre 2019, par

**Kévin BOISSIE**

Composition du Jury :

Achour OUSLIMANI Professeur des universités, ENSEA (– Laboratoire Quartz)	Président
Armand BABOLI Maître de conférence, INSA Lyon (– Laboratoire LIRIS)	Rapporteur
Claude BARON Professeur des universités, INSA Toulouse (– Laboratoire LAAS )	Rapporteur
Rob VINGERHOEDS Professeur des universités, ISAE - SUPAERO (– Laboratoire CSDV)	Examineur
Saïd AMARI Maître de conférences, ENS Cachan (– Laboratoire LURPA)	Examineur
Marc ZOLGHADRI Professeur des universités, Supméca (– Laboratoire Quartz)	Directeur de thèse
Sid-Ali ADDOUCHE Maître de conférences, IUT de Montreuil (– Laboratoire Quartz)	Encadrant
Simon BOLTON <i>Professor &amp; Associate dean, Edge Hill University, UK (– Innovation)</i>	Invité

**Titre :** Méthodes et outils pour la maîtrise de risques en ingénierie de l'obsolescence dans un contexte incertain : application à un équipementier automobile.

**Mots clés :** Indicateur clé de performance, Ingénierie d'obsolescence, DMSMS.

**Résumé :** Ce sujet concerne de manière générale la gestion de l'obsolescence et la prise en compte du cycle de vie des composants dans un système complexe pluri technologique.

Les fournisseurs de rang 1 en prise direct avec leurs clients s'engagent à garantir une durée de vie de 20 ans de leurs sous-ensembles, là où leurs fournisseurs proposent des composants à cycle de vie court de l'ordre de 4 à 5 ans. Ces sous-ensembles doivent rester adaptables et « Upgradables » au regard des évolutions permanentes des besoins, des normes et des technologies.

La non prise en compte de ces éléments a pour conséquences des risques industriels qui nécessitent :

- la mise en place de moyens de stockage adaptés, la prise en compte de garantie qualité et de montabilité et la prise de risques financiers (sur/sous estimations, problèmes lors du stockage et dégradation des composants),
- la création d'un « projet série » visant à reconcevoir un composant supportant une fonctionnalité, devenu impossible à approvisionner, tout en la maintenant compatible avec l'interface,
- la recherche de solutions permettant d'adapter les moyens et les produits à la mise en application de nouveaux standards/normes et besoins, ...

L'objectif de cette thèse est d'étudier l'obsolescence selon les angles complémentaires de : performance, structure, fonctions et fonctionnalités des systèmes. Ces recherches devraient permettre, en ingénierie de l'obsolescence, de déterminer un ensemble de méthodes ou outils pour la maîtrise des risques industriels. Cette thèse s'appuiera sur un ensemble de cas réels pour lesquels la gestion de l'obsolescence est considérée comme un élément critique.

Les travaux doivent permettre également de formuler des préconisations en matière de stockage de nouveaux sous-ensembles afin qu'ils ne détériorent pas les fonctionnalités des produits finis composés.

Cette étude explore la gestion de l'obsolescence à travers des cas concrets, sur des produits actuellement commercialisés.

En d'autres termes, au-delà de permettre par anticipation d'agir avant de subir, il s'agira de répondre à la question des gains qui pourraient être réalisés par une entreprise maîtrisant la garantie de fourniture sans discontinuité et sans excès de production.

**Title:** Methods and tools for risk management on obsolescence engineering in an unsettled environment: application to an automotive supplier.

**Keywords:** Key Performance Indicator, Obsolescence engineering, DMSMS.

**Abstract:** This subject concerns, in a general way, the obsolescence management and the consideration of components life cycle in a multi-technological complex system. Rank 1 Suppliers in direct link with their customers make a commitment to guarantee a life of 20 years of their subsets, where their suppliers propose components with short life cycle of the order of 4 - 5 years. These subsets have to remain adaptable and upgradable with regard to permanent evolutions of needs, standards and technologies.

“Unconsideration” of these elements has for consequences of the industrial risks which requiring:

- The implementation of adapted means of storage, the consideration of guarantee quality and of mountability, and the taking of financial risks (on / under estimations, problems during the storage and components degradation).
- Put in place a "serial project" aiming at redesigns a component supporting a function, become impossible to supply, while maintaining it compatible with the interface.
- The search of solutions, allowing adapting the means and the products to the application of new standards / norms and needs.

The target of this thesis is to study the obsolescence according to the complementary angles of: performance, structure, functions and features of the systems. These researches should allow, in obsolescence engineering, to determine a set of methods or tools for the control of the industrial risks.

This thesis will lean on a set of real cases which obsolescence management is considered as a critical element.

The studies have to allow formulating recommendations regarding conception of new subsets whose partial obsolescence, will not damage the features offered by the compound finished products, standards of choice during the design, to identify the life cycles of components and to explore the management of the obsolescence through concrete cases, on products at present marketed.

Secondly, it will be necessary to look for the predictability and the adaptability of the system in what would be the next technological step.

Allow by the anticipation, to act before undergoing. Which gains could be realized by a company mastering the guarantee of supply without discontinuity and without excess of production?



## Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Marc ZOLGHADRI, Professeur des universités affilié au laboratoire QUARTZ de SUPMECA, et Monsieur Sid-Ali ADDOUCHE, Maitre de conférence et chercheur au sein du laboratoire Quartz, qui m'ont encadré tout au long de cette thèse et qui m'ont fait partager leurs brillantes intuitions. Qu'ils soient aussi remerciés pour leur gentillesse, leur disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements qu'ils m'ont prodigué.

Je remercie Monsieur Daniel RICHARD, directeur du département de Recherche et de Développement de VALEO Confort & Driving Assistance qui fut mon tuteur industriel, qui a financé sur son budget ce projet de recherche, mais qui a également pris le temps de m'aiguiller au sein de l'entreprise, tant par les contacts qu'il a pu me transmettre, que par les orientations stratégiques du sujet qu'il a donné. Cette thèse est le fruit d'une collaboration de trois années avec lui. C'est à ses côtés que j'ai compris ce que rigueur et précision voulaient dire.

Je n'oublie pas de remercier également, les personnes qui ont cru en moi et m'ont soutenue dans l'élaboration de ce projet, Monsieur Christophe GALLET, directeur achat, Madame Marie BOURDAIS, directeur des ressources humaines, Monsieur Xavier ANCEAUME, directeur qualité, Monsieur Gérard TEXIER, directeur industriel et Monsieur Laurent ZIMMERMAN, vice-président du groupe de produit.

J'adresse tous mes remerciements à Madame Claude BARON, Professeur à l'INSA de Toulouse, ainsi qu'à Monsieur Armand BABOLI, Professeur à l'INSA de Lyon, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse.

J'exprime ma gratitude à Monsieur Rob VINGERHOEDS, Professeur à ISAE-SUPAERO et à Monsieur Saïd AMARI, Maitre de conférence à l'ENS de Cachan, qui ont bien voulu être examinateurs.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Simon BOLTON, Directeur du centre d'innovation, Professeur et Doyen associé de l'université de Edge-Hill, et Madame Oyetola EMMANUEL-EBIKAKE, *Senior Lecturer*, qui m'ont accueilli au sein de leur laboratoire. C'est grâce à eux que j'ai pu concilier recherche théorique et perspectives de recherches dans d'autre domaine que l'ingénierie des systèmes complexes.

Mes remerciements vont aussi à tous les membres de Valeo, qui ont répondu avec calme et patience aux questions dont je les accablais, ainsi que tous les membres du laboratoire Quartz, pour leurs conseils et soutient lors des différentes réunions de travail.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis, et plus particulièrement ma chère épouse, Sabine et mes enfants, Ethan et Ambre, pour leurs soutiens indéfectibles et leurs compréhensions au cours de ses trois années intenses.



## *Si vis pacem, para bellum.*

« Ainsi, celui qui désire la paix devrait préparer la guerre. Celui qui désire la victoire devrait entraîner soigneusement ses soldats. Celui qui désire des résultats favorables devrait combattre en se fiant à ses habiletés et non à la chance. »

Végèce, *Epitoma Rei Militaris*  
(IV-V siècles après J.C)



# Table des matières

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>11</b>
<b>1 PROBLEMATIQUE .....</b>	<b>12</b>
1.1 INTRODUCTION .....	13
1.2 NOTIONS D'OBSOLESCENCE ET DE DMSMS.....	13
1.2.1 Définitions.....	13
1.2.2 Impact pour l'industrie en générale.....	14
1.2.3 Stratégie de remédiation .....	16
1.2.4 Obsolescence programmée.....	18
1.3 TRANSPOSITION AU SECTEUR AUTOMOBILE .....	19
1.3.1 Marché automobile mondiale.....	19
1.3.2 Découpage de la filière.....	21
1.3.3 Contrainte contractuelle et de marché pour les équipementiers.....	23
1.4 SITUATION VALEO .....	25
1.4.1 Valeo Structure et enjeu.....	25
1.4.2 Gestion de l'obsolescence chez Valeo .....	25
1.5 SUJET DE RECHERCHE .....	28
1.6 CONCLUSION .....	29
<b>2 ETAT DE L'ART .....</b>	<b>30</b>
2.1 INTRODUCTION .....	31
2.2 TYPOLOGIE D'O/DMSMS .....	31
2.2.1 Les typologies d'obsolescences en approche directe .....	31
2.2.2 Les typologies d'obsolescences abordées sous l'angle de la conception. ....	33
2.3 L'ANALYSE DES CYCLES DE VIE.....	36
2.4 COUT DE REMEDIATION .....	39
2.5 MANAGEMENT DE L'OBSOLESCENCE.....	40
2.6 L'IATF TS16949.....	42
2.7 LES METHODES SUPPORT AU MANAGEMENT DE L'OBSOLESCENCE. ....	49
2.7.1 Veille technologique des composants électroniques.....	49
2.7.2 Veille réglementaire.....	51
2.7.3 Fabrication alternative.....	51
2.8 O/DMSMS ET LTS.....	56
2.9 NORMES ET STANDARDS SPECIFIQUE A LA GESTION DE L'O/DMSMS .....	58
2.10 LA CLASSIFICATION CLIMATIQUE SERVANT A L'ANALYSE DU LTS .....	60
2.11 CONCLUSION .....	64
<b>3 MANAGEMENT DES PCN.....</b>	<b>65</b>
3.1 INTRODUCTION .....	66
3.2 LA DEMARCHE DE TRAITEMENT DE PCN CHEZ VALEO .....	66
3.2.1 La réception des PCN.....	66
3.2.2 Le processus d'analyse et d'investigation .....	69
3.2.3 Les leviers d'action PCN pour l'industriel .....	70
3.3 LA PRISE DE DECISION .....	72
3.3.1 L'analyse des hypothèses.....	72
3.3.2 L'analyse des coûts .....	75
3.3.3 Manques, approximations et confusions. ....	76
3.4 CONCLUSION .....	80
<b>4 LE STOCKAGE A LONG TERME - PRATIQUE ET PERIMETRE DE DECISION .....</b>	<b>81</b>
4.1 INTRODUCTION .....	82



4.2	LE BESOIN DE STOCKAGE LTS HORS PCN.....	82
4.3	LA REMEDIATION PAR LE STOCKAGE A LONG TERME .....	85
4.3.1	<i>L'analyse des conditions et de la durée de stockage.....</i>	85
4.3.2	<i>L'analyse des défauts et non-conformités relatifs à la stockabilité .....</i>	86
4.3.3	<i>La détermination des facteurs d'influence pour le LTS. ....</i>	87
4.3.4	<i>Espérance de stockabilité en fonction des matières .....</i>	89
4.4	MODELE D'ASSOCIATION MATIERES/FACTEURS CLIMATIQUES RELATIVEMENT AU LTS.....	91
4.4.1	<i>La classification des matières.....</i>	91
4.4.2	<i>La classification climatique des sites.....</i>	92
4.5	LTS, ANALOGIE AVEC LE VIN.....	95
4.5.1	<i>Connaissances actuelles de la conservation du vin.....</i>	95
4.5.2	<i>L'analyse de la composition matière.....</i>	97
4.5.3	<i>Le « Bio-mimétisme », une solution économique .....</i>	97
4.6	CONCLUSION .....	98
<b>5</b>	<b>ESPERANCE DU LTS MULTI-MATIERE ET MONO-SITE .....</b>	<b>100</b>
5.1	INTRODUCTION .....	101
5.2	DEMARCHE DE DIMENSIONNEMENT MOYENS/COUTS.....	101
5.3	CONTROLABILITE DES SITES DE STOCKAGE .....	103
5.3.1	<i>Relier les paramètres LTS et climatiques.....</i>	106
5.3.2	<i>Analyse de la classification de Koppen-Geiger.....</i>	107
5.3.3	<i>Corrélation entre le niveau des investissements et la contrôlabilité d'un site.....</i>	109
5.4	MODELE D'ESPERANCE DE STOCKABILITE D'UN PRODUIT SUR UN SITE .....	111
5.4.1	<i>Espérance de stockabilité des matières en conditions défavorables .....</i>	113
5.4.2	<i>Espérance de stockabilité des constituants relativement aux matières .....</i>	114
5.4.3	<i>Aptitude au LTS d'un site .....</i>	117
5.4.4	<i>Décider du site de LTS .....</i>	118
5.5	ESTIMATION DES INVESTISSEMENTS DE MISE EN CONFORMITE AU LTS.....	121
5.5.1	<i>Référentiel des coûts de contrôlabilité des paramètres LTS.....</i>	121
5.5.2	<i>Intégration du coût dans la décision.....</i>	123
5.5.3	<i>Prise en compte des coûts de surveillance et d'usage .....</i>	125
5.6	OPTIMISATION DES MISES EN CONFORMITE DES SITES DE STOCKAGE.....	127
5.6.1	<i>Formulation mathématique du problème.....</i>	127
5.7	LIMITES DE LA METHODOLOGIE ET PERSPECTIVE DE LA GESTION DU LTS.....	130
5.7.1	<i>Aspects économiques.....</i>	130
5.7.2	<i>De l'affectation à la localisation – approche anticipative.....</i>	130
5.8	CONCLUSION .....	133
	<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>134</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>137</b>
	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>141</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>145</b>
ANNEXE A	PROCESSUS DE GESTION DE PCN ET REMEDIATION EN LBO .....	146
ANNEXE B	FORMULAIRE DE NOTIFICATION DE PCN/PDN.....	149
ANNEXE C	MATRICE DU CHANGEMENT 4M VALEO .....	158
ANNEXE D	SUPPORT DE CHIFFRAGE D'UNE MODIFICATION .....	160
ANNEXE E	SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES PAR CATEGORIE.....	165
ANNEXE F	CLASSIFICATION VALEO DES MATIERES.....	174
ANNEXE G	NOTIONS DE DONNEES MAILLEES.....	198



# Liste des illustrations

Figure 1 – Agrégation des notions d’obsolescence et de DMSMS par O/DMSMS .....	14
Figure 2 – Stratégie de O/DMSMS adoptée par l’US Navy .....	17
Figure 3 – Fabrication mondiale de voitures par année (Source OCIA.net).....	20
Figure 4 – Structure de la manufacture automobile .....	22
Figure 5 – Commande d’un composant durant diverses phases du cycle de vie .....	26
Figure 6 – Typologie d’obsolescence.....	33
Figure 7 – Conception en fonction de l’usage .....	34
Figure 8 – Analyse Cause-Effet d’obsolescence appliquée à l’avionique de défense.....	35
Figure 9 – Cycle de vie d’un élément .....	37
Figure 10 – Durée moyenne de mise sur le marché des composants électroniques .....	37
Figure 11 – Business life cycle .....	38
Figure 12 – Typologie adaptée au contexte d’élimination des produits électroniques.....	39
Figure 13 – Management de l’obsolescence chez Honeywell .....	41
Figure 14 – Processus de gestion de l’obsolescence selon Romero (2012).....	42
Figure 15 – Spectre des éléments abordés par l’IATF 16949:2016.....	43
Figure 16 – Représentation des solutions supports représentées sur un cycle de vie. ....	49
Figure 17 – Extrait de la plaquette commerciale « OBSOGÉRANCE » Serma technologies .....	50
Figure 18 – Process de “remanufacturing” des alternateurs (Shin-Etsu Denso Co., Ltd.) .....	52
Figure 19 – Exemple d’un composant sous licence.....	54
Figure 20 – Carrosserie de marque « Local Motors » fabriquée par impression 3D.....	55
Figure 21 – Fabrication additive – connecteur du circuit de refroidissement, Audi W12.....	56
Figure 22 – Classification climatique de Holdridge .....	62
Figure 23 – Classification climatique de Koppen.....	62
Figure 24 – Illustration de l’indice d’aridité sur une échelle mondiale .....	63
Figure 25 – Synoptique traitement générique d’une PCN chez Valeo .....	67
Figure 26 – Accès au portail VALEO CRM.....	68
Figure 27 - Analyse des remédiations en fonction du cycle de vie.....	73
Figure 28 – courbes de tendances normalisés de produit en déclin .....	77
Figure 29 – éclairage seuil de porte .....	79
Figure 30 – Fluctuation du stock avec un ferme de 12 mois .....	83
Figure 31 – fréquence d’achat et stock de composant .....	84
Figure 32 – plein air .....	85
Figure 33 – appentis et auvent .....	85
Figure 34 - chauffé.....	85
Figure 35 – non isolé, clos .....	85
Figure 36 – environnement contrôlé .....	85
Figure 37 – climatisé.....	85
Figure 38 – Périssabilité des packagings .....	86
Figure 39- Localisation des villes test.....	94
Figure 40 – ROMANEE CONTI grand cru 2014 .....	96
Figure 41 – Condition paramétrique de stockage du vin .....	97
Figure 42 - ©Vinaigrerie la Guinelle .....	98
Figure 43 - Domaine de l’Enchantoir : Cave Troglodyte.....	98
Figure 44 – Climat sec favorable à la conservation des matériaux ferreux .....	98
Figure 45 – Environnement humide et mal ventilé inapproprié pour le stockage de PCB.....	98
Figure 46 - Synoptique du LTSFM.....	102
Figure 47 – Support de décision basé sur le LTSFM.....	102



Figure 48 – Niveaux d’investissements selon le paramètre de LTS et le climat .....	109
Figure 49 – Vue éclatée, nomenclature et composition matières de la JKK .....	113
Figure 50 – Résultat du choix du site n°10 sans et avec mises en conformités .....	120
Figure 51 – Résultat du choix des sites n°3 et 9 (resp. de gauche à droite).....	120
Figure 52 – Cartographie des zones BWh et BWk .....	126
Figure 53 – Approvisionnement multi-site en schéma traditionnel.....	131
Figure 54 – Approvisionnement multi-site en pilotage Hub.....	132



# Liste des tableaux

Tableau 1 – Classement des constructeurs mondiaux (2017).....	23
Tableau 2 – Analyse du profit en fonction du cycle de vie.....	38
Tableau 3 – coût de résolution adopté par la DMEA [Tomczykowski, 2001] .....	40
Tableau 4 – coût de résolution d’après le guide SD-22 du DMSMS en version 2014 .....	40
Tableau 5 – Analyse des exigences pertinentes de la norme IATF 16949 pour la mise en place d’un système de management de l’obsolescence .....	48
Tableau 6 – Standard applicable aux problématiques de l’obsolescence .....	60
Tableau 7 - Description de quelques modifications de produits et de processus.....	68
Tableau 8- Actions préparatoires au comité technique.....	70
Tableau 9 – Matrice d’influence d’une fin de vie client sur fournisseur .....	71
Tableau 10- Matrice d’adéquation des remédiations en fonction du cycle de vie.....	73
Tableau 11 - Analyse des facteurs d’influence par remédiation – cas des systèmes d’accès .....	75
Tableau 12 – Extrait du chiffrage des opérations de traitement d’un projet de remédiation.....	76
Tableau 13 – Illustration d’une estimation de fin de vie sans donnée client .....	77
Tableau 14 – Apparition d’une situation de LTS suite à une variation dans un ferme d’approvisionnement de 12 mois .....	83
Tableau 15 – Apparition d’une situation de LTS du au minimum de commande supérieur au besoin sur 24 mois.....	84
Tableau 16 – Extrait de l’analyse des non-conformités au stockage .....	87
Tableau 17 – Paramètres d’influence sur les conditions de stockage.....	88
Tableau 18 – Matrice simplifiée du temps maximum admis d’exposition à un environnement par type de matière .....	90
Tableau 19 – Extrait de la classification des matières Valeo.....	92
Tableau 20 – Disponibilité des données de classification climatique des 4 méthodes considérées à travers une sélection de grandes et moyennes villes.....	95
Tableau 21 – Matrice d’adéquation de d’un climat au LTS des matières.....	105
Tableau 22 – Analyse des paramètres Climat/LTS.....	106
Tableau 23 – Indexation des types de climats.....	107
Tableau 24 – Indexation d’amplitude des températures .....	107
Tableau 25 – Corrélation des paramètres climatiques avec la classification de Koppen-Geiger ....	108
Tableau 26 – Évaluation de la contrôlabilité du LTS et des niveaux d’investissements.....	110
Tableau 27 – Évaluation de la contrôlabilité du LTS pour toutes les classes de Koppen-Geiger ...	112
Tableau 28 – Espérance de stockabilité par commodité de matière et paramètre de LTS .....	114
Tableau 29 – Espérance de stockabilité Composant/Paramètre LTS .....	116
Tableau 30 – Matrice de faisabilité du LTS non contrôlé.....	116
Tableau 31 – État des capacités de contrôlabilité de 12 sites .....	117
Tableau 32 – Matrice de contrôlabilité des sites avec niveaux d’investissements .....	118
Tableau 33 – Tableau de bord du choix du site de LTS .....	119
Tableau 34 – Tableau économique de mise en œuvre de solutions de stockage .....	122
Tableau 35 – Référentiel des coûts de mise sous contrôle des paramètres LTS pour un site type..	124
Tableau 36 – Comparaison des trois scénarios de stockage : sites 3, 9 et 10 .....	125
Tableau 37 – coût de stockage LTS métal ferreux non optimisé [C(1st) <sub>1</sub> ].....	126
Tableau 38 – coût de stockage LTS métal ferreux optimisé [C(1st) <sub>2</sub> ].....	127



# Introduction générale

L'obsolescence et plus largement le problème de la rareté des sources d'approvisionnement, nommé par le gouvernement américain sous l'acronyme DMSMS, sont de plus en plus présent dans le quotidien des industrielles. C'est dans cette logique, que l'équipementier automobile VALEO, décide de nous confier un travail de recherche dans le cadre d'une thèse collaborative avec le laboratoire Quartz de SUPMECA.

En restitution de ce travail de recherche, ce mémoire s'articule en cinq chapitres. Le chapitre d'introduction s'affaire à représenter le cadre et le contexte, notamment appliqués à un constructeur industriel en grande série, l'équipementier automobile VALEO. Après une première phase de définition générale de l'obsolescence, les contraintes et connexions entre les différentes parties prenantes sont expliquées. Une fois ce socle contextuel établi, la relation plus particulière de l'équipementier automobile et plus spécifiquement Valeo est présentée.

Dans le second chapitre est établi un état de l'art, s'articulant autour de la définition des typologies d'obsolescence que ce soit du point de vue causale que du point de vue conceptuel. Il sera également question de présenter l'analyse des différentes phases du cycle de vie, les remédiations scientifiquement documentés ainsi que quelques travaux s'appliquant à étudier les coûts des différentes stratégies curatives. Toujours dans l'état de l'art, la partie normative sera également abordée tant au travers de l'analyse de la norme essentielle du secteur automobile, l'IATF TS16949, qu'à travers d'autres normes appliquées à d'autres secteurs, pouvant traiter du stockage sur le long terme ou de gestion de l'obsolescence et des modifications.

Le troisième chapitre, est élaboré en triptyque. Une première partie, basée sur une analyse de processus Valeo, présente la formalisation par processus du traitement des PCN tels qu'ils devraient être pratiqués. La seconde section analyse le cheminement de la prise de décisions entre les différentes stratégies de remédiations. La dernière partie de ce chapitre s'applique à confronter la théorie à la réalité en mettant en évidences les inexactitudes et les malentendus dans l'évaluation économique des solutions possibles. Ces trois parties sont illustrées d'éléments concrets et introduisent la problématique du stockage à long termes, qui s'avèrera sous documentée et non maîtrisée. Le traitement de cette problématique est pourtant essentiel à un système de management de l'obsolescence. C'est de ce constat, que la recherche se focalisera sur la problématique du stockage sur le long terme (LTS), qui est développé dans les prochains chapitres.

Le quatrième chapitre traite plus spécifiquement des cas d'utilisations des LTS, en particulier ceux qui sont liés à l'obsolescence et à la rareté des sources, même si nous verrons que le spectre est plus large. Les conditions de stockage, les situations ou incidents redoutés de stockage prolongé, l'identification des facteurs clés de ces conditions de stockage, sont autant d'éléments qui nous permettront d'introduire la notion de stockabilité attendue. Dans ce chapitre, c'est la base de la méthode qui est présentée. Reliant conditions climatiques et matériaux, nous présenterons notre méthode par classifications.

Enfin, dans le dernier chapitre, nous développons l'ensemble de la méthodologie de résolution proposée, à savoir l'estimation de la capacité de stockage pour chaque élément donné en tenant compte de sa composition matérielle, de sa capacité de stockage à long terme, de la disposition des sites en stockage par rapport aux facteurs clés des conditions de stockage et enfin le modèle économique pour évaluer le coût global attendu. L'application de la méthodologie est faite sur un cas réel où les moyens, les coûts, la stockabilité sont analysés par site de stockage envisagé. Ce chapitre se conclut par la présentation de la grille d'évaluation et de son modèle mathématique.



# 1 Problématique



## 1.1 Introduction

Dans ce chapitre d'introduction, est présenté le contexte industriel confronté à l'obsolescence et plus largement à la problématique de raréfaction des sources d'approvisionnement, tel que nommé par le gouvernement américain sous l'acronyme DMSMS pour *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages*. Ainsi, en préparation du travail de recherche effectué, il sera défini dans les différentes sections, le cadre et le contexte, appliqué à un industriel fabricant en grande série, l'équipementier automobile VALEO. Dans un premier temps, nous définirons ce qu'est l'obsolescence au sens large qui nous permettra de mettre en évidence les sources et les typologies. Dans un second temps, nous décrirons, plus particulièrement la filaire industrielle automobile, son marché et les relations entre constructeurs, équipementiers et le reste des fournisseurs. Enfin nous terminerons, par l'entreprise applicative de ce travail de recherche, VALEO qui avec ses enjeux, son contexte propre, nous permettra d'illustrer concrètement le contexte gestion de l'obsolescence avec ses forces et ses faiblesses.

## 1.2 Notions d'obsolescence et de DMSMS

### 1.2.1 Définitions

Le problème de « *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages* », DMSMS (Hagan 2009), (Department of Defense s.d.) est l'arrêt effectif ou imminent de sources d'approvisionnements fabricants ou fournisseurs d'articles, de matières premières ou de logiciels. Le DMSMS est donc intimement lié à la gestion et à la stratégie du panel fournisseur, ainsi qu'à la veille des disponibilités produits et matières. Les causes de DMSMS sont variées, passant de l'application de lois et normes limitant l'usage de certains produits à des réponses économiques liées à la rentabilité d'un produit qui est alors arrêté.

L'obsolescence, quant à elle, signifie littéralement « qui n'a plus d'emploi ». Étymologiquement, ce mot est dérivé du latin *obsolescens*, participe présent de *obsolescere* (« tomber en désuétude »), par la construction de *ob-* (« hors de »), et *solere* (« avoir coutume »). L'obsolescence fait référence à un manque de disponibilité dû à des changements statutaires ou de processus et à de nouvelles conceptions (Hagan 2009), alors que le DMSMS est un manque de sources ou de matériaux. L'obsolescence est donc un état, conséquence d'un événement qui impact directement l'usage, l'utilité, le fonctionnement et/ou altère ou rend inutilisable un produit.

Un connecteur, interface mécanique et électrique, entre deux composants, qui ne serait plus fabriqué, rendrait inutilisable le composant interfacé, c'est pourquoi, on dit que l'obsolescence se propage en amont ou en aval.

L'obsolescence d'une technologie support, peut rendre inutilisable le produit final, inversement la fin de fabrication produit, rend inutile les outils spécifiques à la fabrication dudit produit. L'impact étant alors induit par un tiers, nous dirons que l'obsolescence peut être indirect lorsque l'obsolescence s'est propagée via un autre composant du système, par exemple l'absence de disponibilité d'un chargeur de batterie spécifique pour un téléphone portable ; en opposition à l'obsolescence direct où la source et le produit font partie d'un ensemble indissociable dans l'instant, tel que serait l'écran tactile pour un téléphone portable.

Le DMSMS et l'obsolescence ont des problématiques proches et en partie communes, pour autant nous ne pouvons les considérer comme simple synonyme. Une situation de DMSMS propagée pourra conduire à de l'obsolescence et inversement. C'est pourquoi, lors de nos



recherches, nous parlerons de O/DMSMS, contraction d'obsolescence et de DMSMS, qui, tel que la Figure 1 les présente, sont deux situations distinctes ayant une zone commune.

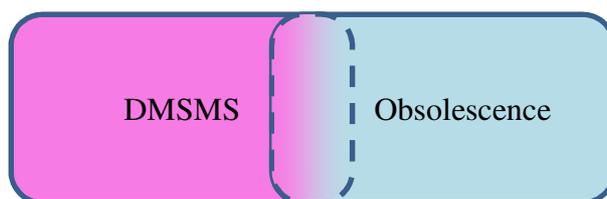


Figure 1 – Agrégation des notions d'obsolescence et de DMSMS par O/DMSMS

Bien que principalement connue dans le milieu de l'électronique, l'O/DMSMS concerne l'ensemble de la chaîne de fabrication, incluant l'utilisateur final ou de manière immatérielle la connaissance. Ces principes et les différentes typologies d'obsolescences seront décrits dans le chapitre 2.

### 1.2.2 Impact pour l'industrie en générale

Il est juste de dire que l'obsolescence - et, plus important encore, la façon de la gérer - est un problème depuis un certain temps, mais plus récemment, elle est devenue de plus en plus gênante. La diminution de la durée de vie des composants électroniques est un facteur clé qui a accéléré le problème de l'obsolescence ces derniers temps.

Il s'agit clairement d'un problème pour les fabricants d'équipement d'origine (OEM) et les concepteurs qui ont créé des systèmes embarqués destinés à durer longtemps. Cette gêne devient grave surtout lorsque ces systèmes sont utilisés dans des appareils conçus pour fonctionner sous la mer, dans les airs ou dans d'autres domaines où la fiabilité est requise année après année, voire décennie après décennie.

Alors, comment les industries hautement fiables telles que le médical, le transport lourd, l'aérospatiale et la défense peuvent-elles résoudre le problème de la gestion de l'obsolescence ? Il est clair que les options sont limitées lorsqu'un fabricant de puces décide de ne plus construire une gamme de produits destinée au marché de la haute fiabilité puisque son utilisation est devenue réduite par rapport à ses autres gammes de produits. Au fur et à mesure que le cycle de vie des composants diminue, le problème de l'obsolescence augmente et les équipementiers doivent réduire leurs plans à long terme pour la fabrication de produits incluant de tels composants. Même le marché des pièces de rechange est affecté.

Cependant, bien que nous connaissions le problème, avant de pouvoir trouver une solution, nous devons revenir en arrière et comprendre parfaitement d'où vient l'obsolescence dans le secteur industriel. Les fusions et acquisitions de fabricants de composants, qui ont un impact inévitable sur la longévité des chaînes d'approvisionnement et la disponibilité de divers composants, sont l'une des principales causes de l'obsolescence. Souvent incitées par les entreprises à chercher à améliorer leur offre sur le marché en pleine croissance (par exemple de l'Internet des objets (IoT)), les fusions et acquisitions contribuent presque inévitablement aux problèmes de disponibilité des produits, notamment parce que certains produits deviennent en fin de vie (EOL), les numéros de pièce sont modifiés, ou des changements dans le processus de fabrication ont été apportés.

Également associés aux conséquences des fusions et acquisitions, une autre cause majeure d'obsolescence des composants est la longueur et la complexité souvent importantes des chaînes d'approvisionnement qui peuvent en émerger. De graves problèmes de communication peuvent se développer au sein des chaînes, car les équipementiers, les sous-traitants, les distributeurs, les laboratoires d'essais et les professionnels de la qualité ont tous leur propre apport et leurs propres



exigences, cela du fait de la perte de lien ou du changement de nom de marque qui différencieront entre archive et marché (Notons par exemple l'acquisition de EPCOS par TDK en 2009 (TDK Corporation 2008) qui entraîna un changement de fabricant pour des centaines de composants). Chaque partie prenante aura ainsi son délai d'instruction et de réponse. L'exigence en termes de validation est également propre à chaque société, suivant son propre système de management de la qualité. L'inertie de la communication entre l'émetteur et l'utilisateur sera proportionnelle au nombre d'intervenant tiers.

Un autre exemple de facteur influant sur l'augmentation de l'obsolescence des composants électroniques est la nécessité de respecter une législation de plus en plus stricte et exigeante, notamment en répondant aux exigences de mise à jour du règlement de l'Union européenne en matière de restriction, d'évaluation et d'autorisation des produits chimiques (REACH) et la directive pour la limitation des substances dangereuses (RoHS).

Quant à la partie du processus industriel, il y a le fait que le secteur soit alimenté par d'énormes quantités de données (selon IBM (Jacobson 2013), le monde produit 2,5 millions de téraoctets de données chaque jour), crée un fort besoin de normalisation et automatisation. Ces données, si elles sont utilisées correctement, peuvent évidemment aider les entreprises à développer des solutions proactives à la gestion de l'obsolescence, ce qui est bien mieux que de tenter de résoudre le problème de manière réactive. Clairement, pour résoudre les problèmes posés par les composants critiques non disponibles, il est utile de disposer de toutes les informations pertinentes sur ces composants, mais cela peut représenter une énorme quantité de données. Il existe bien entendu une corrélation directe avec l'intégrité de ces données qui oblige les acteurs du secteur à se tenir au courant des dernières données publiées par les fabricants et à surveiller les principaux sites d'information traitant de cette question. Les fabricants de composants communiquent généralement bien, mais il manque souvent des données d'obsolescence critique ou un préavis insuffisant des changements importants.

Dans le même temps, le problème ne se limite pas à l'obsolescence des composants. Il existe également des problèmes liés à l'obsolescence des compétences et des logiciels. En effet, avec un nombre croissant de personnes pouvant exécuter, coder ou programmer les systèmes dits "hérités" existants, la discontinuité des composants ou services survient rapidement.

Avec son fort développement, l'industrie ayant manqué de se concentrer sur l'investissement interne pour résoudre la crise d'obsolescence n'aide en rien à la compréhension précise et à la mise au point des solutions innovantes de ces conséquences. Souvent, avec les systèmes existants, le seul véritable choix consiste à acheter des composants obsolètes. Cela pourrait être la meilleure solution pour un assemblage en cours de retrait ou si un client devait gagner du temps pour une re-conception, par exemple. L'acheteur aurait peut-être comparé le coût de la re-conception et de la certification par rapport au coût d'achat et de stockage des pièces obsolètes et décidé de l'option la plus viable sur le plan financier. Quel que soit le scénario, les clients doivent clairement prendre des décisions en fonction de leurs besoins et objectifs actuels, tout en ayant pleinement conscience de toutes les options disponibles.

En mettant de côté les systèmes existants, il est clair qu'il n'est plus viable pour les utilisateurs de développer simplement des solutions réactives aux problèmes d'obsolescence à mesure qu'ils se posent. En raison de la combinaison de délais prolongés, de coûts croissants et de sources d'approvisionnement décroissantes, les entreprises sont obligées de prendre les devants en matière de gestion de l'obsolescence.

D'un point de vue stratégique, certaines questions se posent :

- Comment les fournisseurs peuvent-ils être influencés dans la manière dont ils



- choisissent de traiter le problème de l'obsolescence avant de le propager ?
- Comment réduire voire éliminer l'incertitude pour ceux qui veulent trouver des sources fiables de composants ?
  - Comment est-il possible de s'assurer que les entreprises disposent de la connaissance nécessaire pour prendre des décisions d'achat de composants en toute confiance ?

Pour commencer à répondre à ces questions, il convient de souligner que la gestion de l'obsolescence concerne de nombreux services d'une entreprise et ne plus être considérée uniquement comme une question d'ingénierie ou de logisticien.

Une solution pourrait consister à identifier la gestion de l'obsolescence en tant que domaine autonome. Chaque composant critique pourrait avoir de multiples alternatives qualifiées, de différents fabricants et de différentes régions géographiques, afin de se protéger contre les aspects techniques (composition, dimensionnel, caractéristique électrique spéciale...) ainsi que les défis environnementaux.

Ce serait un scénario idéal mais, en réalité, arriver à cette position est presque utopique. Une solution plus immédiate et réaliste impliquerait que les entreprises soient disciplinées pour choisir le meilleur partenaire de la chaîne d'approvisionnement, sachant que cela est essentiel pour créer un plan de gestion de l'obsolescence solide minimisant le risque de rupture de la chaîne d'approvisionnement. Puis, elles devront remettre en question ce choix régulièrement en fonction des informations nouvellement disponibles.

En conclusion, les problèmes de gestion de l'obsolescence ne devraient plus être considérés comme une fatalité. En effet, de plus en plus d'entreprises du secteur industriel commencent à se rendre compte qu'avec une planification robuste, une vision à long terme et des partenaires fiables et de premier plan dans la chaîne d'approvisionnement, il est certainement possible d'attaquer de front ce problème. Si les clients de pièces critiques affrontaient cela de manière proactive par le biais d'un programme de gestion de l'obsolescence approprié (dans lequel ils s'approprient les solutions du problème plutôt que par une simple approche de responsabilisation de la direction) ils seraient en mesure d'éliminer ou d'atténuer les difficultés d'approvisionnement des composants.

L'obsolescence est de toute évidence un problème majeur, mais l'ampleur de son impact dépend de la proactivité des entreprises. Ce n'est qu'en impliquant tous les départements et toutes les parties de la chaîne d'approvisionnement - et en collaborant avec toutes les parties prenantes - que les entreprises peuvent espérer adopter les meilleures pratiques de remédiation de l'obsolescence.

### 1.2.3 Stratégie de remédiation

La problématique de l'O/DMSMS est intimement liée à l'analyse des cycles de vie. Sa complexité réside dans le fait que nous ne devons pas gérer un unique cycle de vie, mais une multitude qui sont parallèles mais pas toujours clairement liés et encore moins simultanés. Le nombre de cycles de vie à considérer est proportionnel au nombre de facteurs et de parties prenantes incluant aussi bien les matières, les procédés de fabrications, les fournisseurs, que les connaissances et savoir-faire.

Pour être efficace, le management doit être conduit dans une politique de résolution anticipative et rationnelle. Cela permettra de prendre de meilleures décisions tant d'un point de vue de la vision globale que des coûts. De ce point de vue, la Figure 2 représente la stratégie adoptée par l'US Navy. Dans cette figure, on identifie le rapport en les coûts et le niveau d'anticipation des



remédiations appliqué à la problématique de la raréfaction des sources d’approvisionnement. L’US Navy, attire le lecteur à intégrer le fait que plus l’action de remédiation est anticipatrice, moins le coût de résolution sera important. Ainsi, il sera préféré d’anticiper le mieux possible toute obsolescence afin de l’intégrer au plus tôt dans un plan de développement permettant d’accroître une approche de durabilité du système.

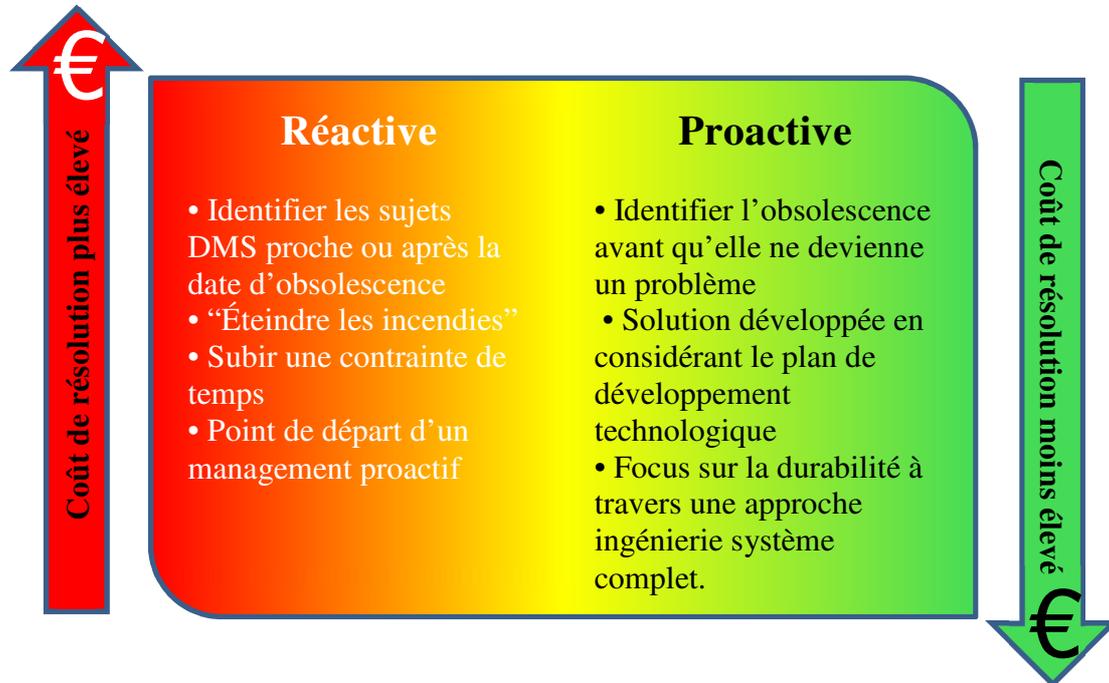


Figure 2 – Stratégie de O/DMSMS adoptée par l’US Navy<sup>1</sup>

La résolution d’une obsolescence avérée se résume à 8 solutions.

- *Achat d’un dernier lot (Last Buy Order)*  
La recherche de stocks disponibles à travers différents réseaux de distribution. Souvent à un prix au-dessus du marché et devant être utilisé au-delà de la date préconisée par le fabricant, cette solution est la plus simple en termes de résolution. Au-delà du risque d’un coût très élevé, elle expose le rachat à des risques de contrefaçons ou de dégradations qui devront être palliés par des analyses poussées. Cela correspond à des coûts s’ajoutant à ceux d’acquisitions et de stockages, si cela s’avérait nécessaire.
- *Utilisation d’une substitution*  
La substitution est un composant 100% identique en termes de caractéristiques et de designs.
- *Utilisation d’une alternative*  
Une alternative est un composant disposant des mêmes fonctions mais ayant des caractéristiques différentes. On choisit une alternative en faisant des compromis.

<sup>1</sup>[https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/NSWC\\_Phildelphia/NSWCPD%20Obsolescence%20Program.pdf?ver=2016-12-21-104257-913](https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/NSWC_Phildelphia/NSWCPD%20Obsolescence%20Program.pdf?ver=2016-12-21-104257-913)



- *Réclamation*  
La réclamation n'est pas en soi une action mais plutôt la conséquence d'une stratégie d'inaction, visant à payer les conséquences de l'arrêt de livraison.
- *Émulation*  
L'émulation, souvent logiciel, bien qu'il existe quelques exemples hardware, vise à utiliser un autre composant ou logiciel pour générer les fonctions précédemment réalisées par le système obsolète.
- *Reconception mineure*  
La reconception mineure vise à reconcevoir une partie d'un produit ou d'un composant sans affecter le reste du design
- *Reconception majeure*  
La reconception majeure, vise à reconcevoir complètement un produit et/ou une fonction
- *Choix d'après-vente*  
Le choix d'après-vente est en fait le procédé de réparation. Par ce biais, un réseau de récupération de pièces usagées est mis en place afin de récupérer tout ou une partie des composants et d'organiser la « rénovation » du produit afin de le remettre sur le marché. Il est également connu sous le nom d'échange standard.

#### 1.2.4 Obsolescence programmée

Le management de l'O/DMSMS permet également de prouver l'absence de volonté de mettre en place une obsolescence programmée. Cette pratique est décrite par l'article Article L441-2 du code de la consommation, créé par ordonnance n°2016-301 du 14 mars 2016 : « *Est interdite la pratique de l'obsolescence programmée qui se définit par le recours à des techniques par lesquelles le responsable de la mise sur le marché d'un produit vise à en réduire délibérément la durée de vie pour en augmenter le taux de remplacement* ». L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME<sup>2</sup>), précise quant à elle que : « *la notion d'obsolescence programmée dénonce un stratagème par lequel un bien verrait sa durée normative sciemment réduite dès sa conception, limitant ainsi sa durée d'usage pour des raisons de modèle économique. Ces techniques peuvent notamment inclure l'introduction volontaire d'une défektivité, d'une fragilité, d'un arrêt programmé, d'une limitation technique, d'une impossibilité de réparer ou d'une non-compatibilité logicielle* ».

A l'ADEME de rappeler qu'en France, l'obsolescence programmée est aujourd'hui punie d'une peine de deux ans d'emprisonnement et de 300 000 € d'amende. Pour les cas les plus graves, cette condamnation peut être étendue, le montant de l'amende pouvant être porté, à 5 % du chiffre d'affaires moyen annuel, calculé sur les trois derniers chiffres d'affaires annuels connus à la date des faits (ADEME. Erwann FANGEAT 2016). Néanmoins, bien que des enquêtes soient actuellement en cours, aucune condamnation n'a encore été prononcée.

En revanche, le 24 octobre 2018, l'autorité italienne chargée de la concurrence a condamné deux entreprises technologiques à plusieurs millions d'euros d'amendes. APPLE devrait s'acquitter de 10 millions d'euros alors que celle de SAMSUNG s'élève à 5 millions d'euros (AFP 2018). L'état italien, considère que ces sociétés ont délibérément « mis en œuvre des pratiques commerciales

<sup>2</sup> <https://www.ademe.fr>



malhonnêtes” par le fait que les deux protagonistes ont incité leurs clients à installer des mises à jour de logiciel sur les smartphones, conduisant dans les deux cas à un ralentissement du système, poussant alors les utilisateurs à changer de matériel.

Pour l’industriel, épargné jusqu’alors, le risque de condamnation est désormais bien réel. Au-delà de l’aspect économique, celle-ci atteindra très largement l’image de la société. Les médias relayant vraisemblablement fortement ces condamnations, faisant première et jurisprudence dans de nombreux pays.

L’entreprise, experte de fait dans son produit ou son service, qui négligerait le management de son obsolescence ou le choix de solutions de remplacement moins qualitative ou dégradant de fait les caractéristiques initiales sans en avertir le consommateur, pourrait se voir qualifiée comme mettant en œuvre des « *techniques par lesquelles le responsable de la mise sur le marché d'un produit vise à en réduire délibérément la durée de vie pour en augmenter le taux de remplacement* » tel que définie par l’article 99 de la Loi numéro 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. De ce fait, l’industriel peut être visé par une procédure judiciaire.

## 1.3 Transposition au secteur automobile

### 1.3.1 Marché automobile mondiale

Tel que présenté par la Figure 3, le marché automobile mondial est en constante progression depuis les 20 dernières années. La progression en volume fabriqué est de plus de 30% par décennie, 34% entre 1997 et 2007, 33% entre 2007 et 2017. A cela s’ajoute l’augmentation du nombre de composants, évaluée par Toyota ces dernières années à approximativement 30.000 par véhicule. Un rapide calcul nous indique donc que chaque année, 2.919.076.020.000 composants automobiles sont mis sur le marché, au seul titre de la première monte (*Original Equipment Market*). Cela n’inclut pas les milliards de composants supplémentaires vendus en rechanges.



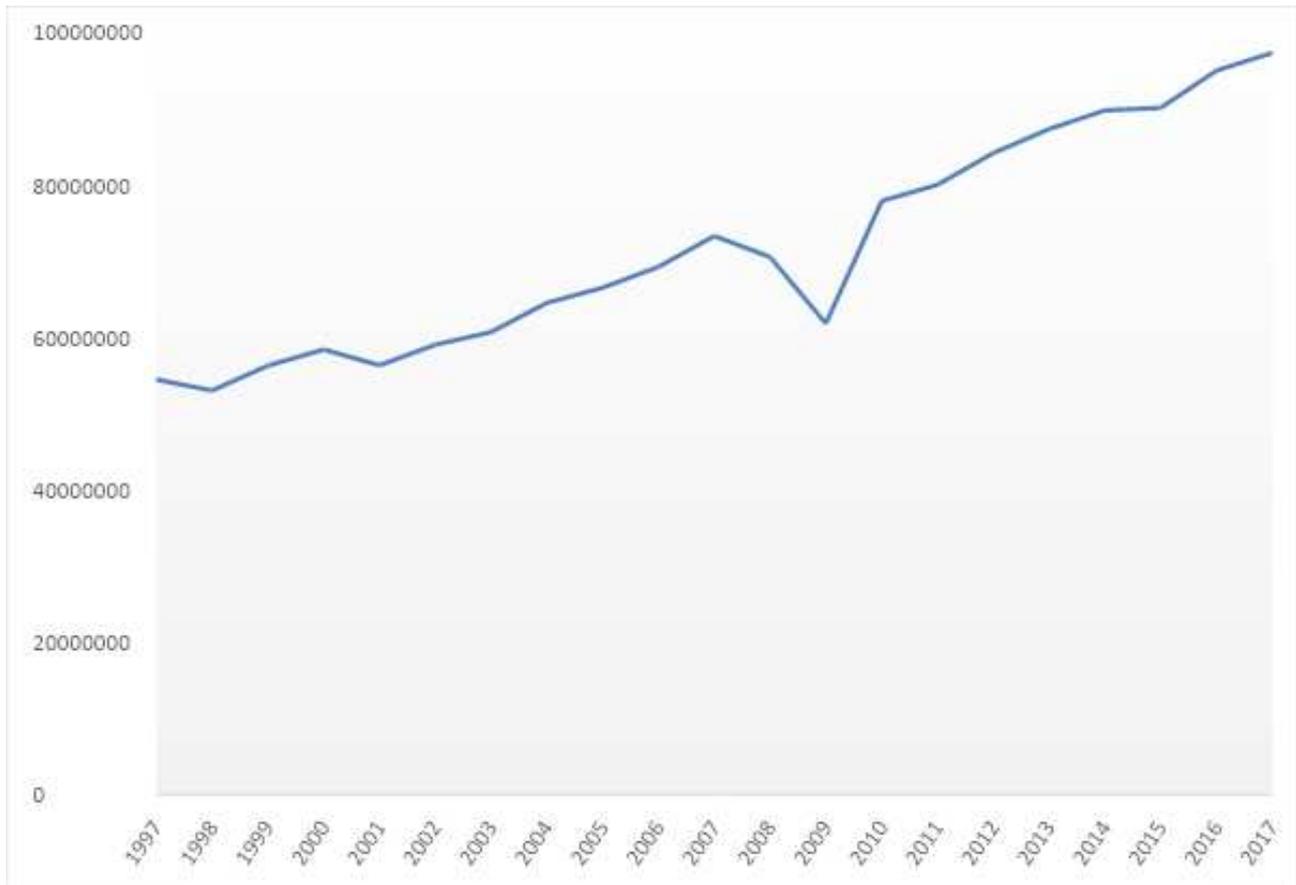


Figure 3 – Fabrication mondiale de voitures par année (OCIA 2019)

D'autres parts, la demande d'une meilleure mobilité dans les mégapoles, les nouvelles réglementations telles que les normes européennes et les normes CAFE<sup>3</sup> en matière de contrôle des émissions et d'économie de carburant, la concurrence loyale avec le marché des pièces de rechange et le choix de bons partenaires sur les marchés émergents ont obligé les équipementiers à réaligner fréquemment leurs stratégies. Ce réalignement, qui servira d'argument réglementaire, impacte de fait les fournisseurs, qui oriente leur stratégie de développement technologique en phase avec les besoins actuels et futurs, délaissant ainsi de manière accélérée les technologies qui ne serait plus en phase avec les nouvelles orientations. Les besoins de demain, sont alors autant de risques de voir disparaître, tout au moins se raréfier les technologies et outils de fabrications qui ne sont plus envisagés pour l'avenir. En effet, la demande croissante de solutions système légères et alternatives des équipementiers pose de nouveaux défis aux fabricants de composants et aux fournisseurs de systèmes et de facto un délaissement de certaines filaires, pourtant nécessaire à la fabrication d'ancien produit. S'ils veulent rester en avance sur les concurrents, les équipementiers automobiles, les fournisseurs de systèmes, les fabricants de composants et les fournisseurs de matières premières ont tous besoin d'informations sur la réglementation, les matériaux, les technologies, les concurrents et les fournisseurs, ceci afin d'anticiper les alternatives et maintenir ainsi leurs capacités de fabriquer et livrer en adéquation avec le cahier des charges.

<sup>3</sup> Les normes CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*), adoptées en 1975, ont été mises en place par le gouvernement fédéral américain, en réaction à la crise pétrolière de l'époque. Cette norme indique pour chaque manufacturier le maximum de consommation moyenne de carburant des véhicules vendus aux États-Unis.



Notre travail s'applique à tous les segments du marché automobile : les équipementiers de véhicules de tourisme et de véhicules utilitaires, y compris les bus, les camions et les véhicules hors route ; fournisseurs automobiles<sup>4</sup> de rang 1 et de rang 2 sur tous types de groupes motopropulseurs, les intérieurs, les modules de carrosserie extérieurs, les systèmes mécatroniques et les composants du marché secondaire de l'automobile.

Afin de permettre une démarche proactive dans la gestion de l'obsolescence, les principales difficultés seront d'identifier les opportunités du marché, de comprendre les tendances technologiques, d'identifier de nouvelles alliances, se tenir au courant de la réglementation, surveiller les activités des concurrents et à évaluer la concurrence. Dans certains cas, il faudra également considérer les canaux de distribution des marchés de l'automobile avec d'éventuels revendeurs potentiels sur de nouveaux marchés. En effet, il n'existe aucune obligation d'informer de l'abandon de commercialiser un produit dans le marché classique. Seul un contrat liant les deux parties pourrait permettre de contraindre sur un temps donné la disponibilité. Or, de nombreux composants sont achetés « sur catalogue » via des distributeurs, sans que le fournisseur ne connaisse la destination finale de son produit.

Pour cela, il faut mettre en place un système de veille en vue d'obtenir des informations stratégiques dans toutes leurs fonctions : développement technologique, développement de produits, stratégie de marché, analyse de risque, évaluation de l'environnement réglementaire, veille concurrentielle, distribution et stratégie de vente et de marketing, les profils de fusion et d'acquisition. Cela permettra d'avoir une vision des besoins actuels et futurs et de les confronter aux évolutions supposées.

Notre recherche appliquée au secteur automobile cherche à apporter des éléments de réponses aux problématiques générées par l'obsolescence des principaux acteurs de l'industrie automobile et des fabricants de composants dans de multiples étapes de la prise de décision stratégique et tactique.

### 1.3.2 Découpage de la filière

Le secteur est divisé en deux activités, présenté dans la Figure 4 :

- I. Le marché de première monte où l'ensemble des composants est assemblé sur les lignes des constructeurs automobiles. Sur ce marché, une évolution est facile à mettre en œuvre et à quantifier ; il n'y a que quelques donneurs d'ordres, les données sont nombreuses, les produits, composants et processus récents (moins de 5 ans en règle générale), les volumes conséquents facilitant l'amortissement économique d'une évolution.
- II. Le marché de seconde monte, également appelé « de rechange », qui passe par plusieurs flux de distribution, soit directement par le constructeur automobile, soit via des tierces parties spécialisées dans la vente de pièces rechanges toutes marques. Les principales difficultés de ces flux de distributions sont l'absence de maîtrise de la totalité des parties prenantes, l'incertitude des volumes restant à vendre ainsi que les difficultés à maintenir un prix de marché. Un prix de vente trop élevé, conséquent à une modification produit ou process à amortir à un impact direct sur le volume des

---

<sup>4</sup> Les fournisseurs de l'automobile comprennent les équipementiers automobiles de rang 1 qui ont des relations contractuelles directes avec les constructeurs automobiles et les sous-traitants de rang 2 et plus qui sont des entreprises de la mécanique, d'ingénierie, de la plasturgie, de l'électronique, de la fonderie, ...



ventes. Par exemple, si pour une fonction, cela vaut 100€ sur le marché et qu'il ne reste (potentiellement) que 500 produits, une modification technique 100 000€, engendre un impact de 200€ par produit.

Cela pourrait purement et simplement exclure compétitivement le produit du marché, les clients feront un autre choix et cela engendrera une perte sèche de 100 000€ pour l'entreprise.

Les principaux intervenants industriels de la filière sont :

- Les constructeurs automobiles, qui conçoivent, assemblent puis vendent les véhicules ;
- Les équipementiers et fournisseurs spécialistes qui ont en charge la fourniture de solution spécifique, par exemple le module de climatisation ;
- Les fournisseurs « sur catalogue » et de matières premières qui fabriquent ou distribuent des composants génériques (vis, pile, ampoule, ...) ;
- Les fabricants d'équipements et d'outillages et/ou supports aux processus de fabrications. Cela incluant les outils informatiques ou d'infrastructures, de plus en plus présents à l'air de l'industrie "Factory of the (near) futur".

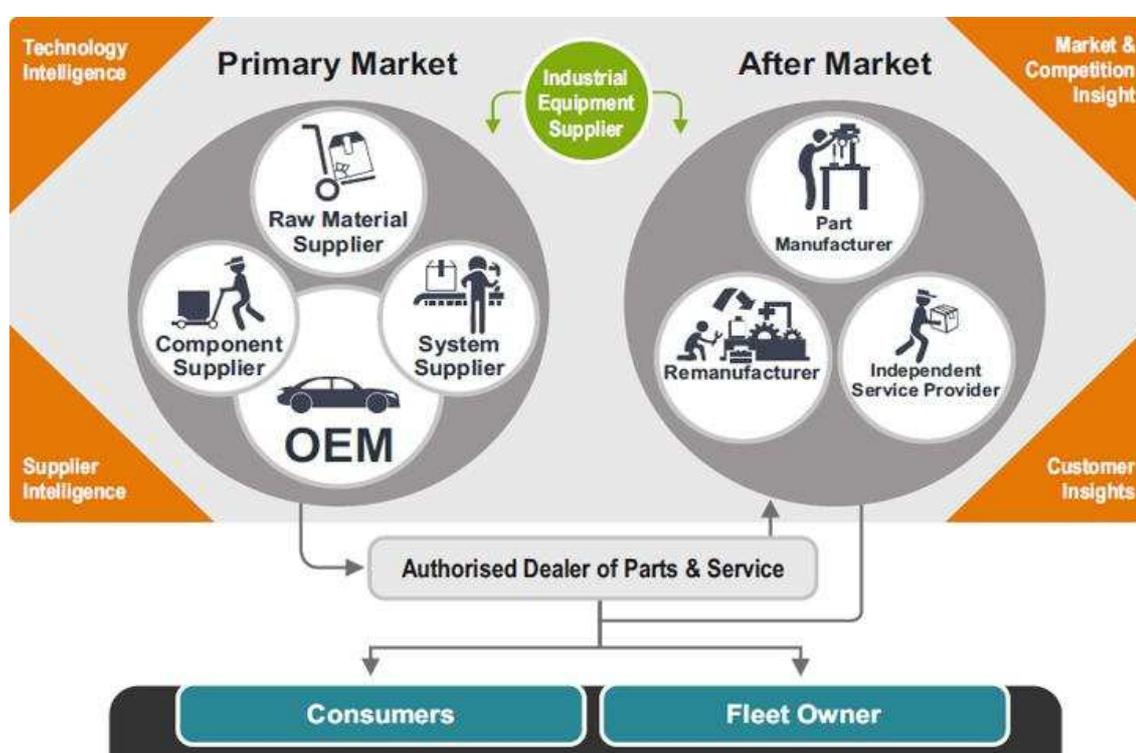


Figure 4 – Structure de la manufacture automobile (Cheers Interactive 2018)

En termes de proportions, le Tableau 1 nous indique que les 20 plus grands groupes constructeurs automobiles représentent 84% du marché. Il est donc simple de comprendre à quel point un équipementier doit satisfaire son lien, tant le marché est restreint à quelques clients. La satisfaction du constructeur est donc indispensable pour la pérennité de l'entreprise. A l'opposé de la chaîne, le nombre de fournisseurs des équipementiers se compte en centaines de milliers passant de la très petite entreprise (TPE) aux multinationales tels que Panasonic, Texas Instrument, BASF sur lesquels, le rapport de force n'est absolument pas équivalent.



Classement	Groupe	Véhicules	Part du marché
1	Toyota	10213486	11%
2	Volkswagen Group	10126281	11%
3	Hyundai / Kia	7889538	8%
4	General Motors	7793066	8%
	(with SAIC-GM-Wuling)	9937434	10%
5	Ford	6429485	7%
6	Nissan	5556241	6%
7	Honda	4999266	5%
8	FCA	4681457	5%
9	Renault	3373278	4%
10	Groupe PSA	3152787	3%
11	Suzuki	2945295	3%
12	SAIC	2566793	3%
13	Daimler	2526450	3%
14	BMW	2359756	2%
15	Changan	1715871	2%
16	Mazda	1586013	2%
17	BAIC	1391643	1%
18	DongfengMotor	1315490	1%
19	Geely	1266456	1%
20	Great Wall	1094360	1%

Tableau 1 – Classement des constructeurs mondiaux en 2017 (OCIA 2019)

### 1.3.3 Contrainte contractuelle et de marché pour les équipementiers

La première particularité est que servir les constructeurs impose que l'équipementier respecte l'IATF TS16949<sup>5</sup>. Bien que cette norme soit une norme dite volontaire, c'est-à-dire n'étant pas légalement obligatoire, un équipementier qui n'est pas ou ne serait plus certifié, ne pourra simplement plus livrer les constructeurs, ces derniers contraignant l'équipementier à être certifié dans leurs cahiers des charges. En cas de défaut de certification à l'IATF TS16949, le constructeur peut alors transférer le marché sans aucune compensation.

Cette certification est ré-auditée tous les ans. C'est pour cela que les équipementiers déploient d'importants systèmes de management de la qualité. Ce type de mise en place, où le client est le centre de l'attention, est très contraignant pour l'équipementier. Les obligations de l'IATF sont expliquées dans le chapitre suivant.

En revanche, les fournisseurs des équipementiers ne sont pas soumis à l'obligation d'être certifié IATF. Ces derniers ont donc plus de souplesse. Les contraintes qui en découlent, si elles n'ont pu être contractualisées, sont transférées à l'OEM.

Une autre particularité concerne les contrats de service qui engagent l'équipementier à servir

<sup>5</sup> L'ISO/TS 16949 est la norme concernant la démarche Qualité dans l'industrie automobile. Elle a été élaborée par l'IATF (*International Automotive Task Force*). <https://certification.afnor.org/qualite/certification-iatf-16949>.



de 3 à 5 ans en série, plus 10 à 15 ans de service après-vente. En comparaison, coté fournisseur, hors composants sur catalogue, le préavis d'arrêt est de 6 mois à 1 an. L'équipementier est également là pour faire tampon entre les règles du marché de consommation et les besoins du constructeur. Cela se présente à des différentes étapes et sous différentes formes.

D'un point de vue prévision, les prévisions sont en générale de 8 à 14 semaines entre le constructeur et l'équipementier alors que le marché de l'électronique nécessite des périodes de plus de 18 mois. Au global, l'équipementier reste en permanence sur l'incertitude du volume total à livrer, sans garantie du constructeur. Bien que l'on parle en plateforme ou en véhicule, il n'y a de logique de "programme" avec un volume maximum prédéfini. D'autre part, contrairement à l'industrie navale, l'aéronautique ou militaire, le recensement du parc actif sur chaque version est inconnu, ce qui augmente l'incertitude des estimations en vie série ou pour les prévisions de fin de vie. Par ailleurs, le constructeur ne participe qu'à l'amortissement des moyens spécifiques (Moule d'injection, posoir<sup>6</sup>, ...). Les investissements génériques et les techniques de réalisations sont à l'entière responsabilité de l'équipementier. Le maintien des équipements de production (hors outillage dont la garantie en nombre de pièces est communiqué au client) est également à la charge de l'équipementier. Il est donc indispensable de maîtriser correctement ses prédictions de fin de vie afin d'obtenir une construction des chiffrages de coûts, appelé dans le milieu industriel « costing » la plus juste possible. Les coûts vérifiés et justifiés sont ainsi facilement imputables dans le prix de vente et reliés à leurs sources racines, évitant ainsi la ventilation<sup>7</sup> de ces derniers dans les frais de structures.

Le marché automobile c'est également des produits qui doivent respecter des contraintes réglementaires mais surtout sécuritaires. Ces risques sont relativement importants au vu du nombre de véhicules actifs. De source (Ward's Auto 2010), 1 015 millions de voitures ont été recensées aux quatre coins du monde, contre 980 millions en 2009. Soit 35 millions de véhicules supplémentaires en un an ! En extrapolant, on peut considérer qu'il y a, aujourd'hui, près de 1300 millions de véhicules roulant dans le monde. En comparaison, on estime à 26000 le nombre d'avions de ligne en service dans le monde. C'est pourquoi comme nous le verrons plus loin, bien que des processus de management de l'O/DMSMS soient connus et développés pour ce secteur, ils ne sont pas adaptés au secteur automobile.

Par ailleurs, afin d'assurer la conformité des livraisons au client (en l'occurrence le constructeur automobile), toutes modifications du produit et dans certains cas du processus de fabrication sont soumises à revalidation voire à requalification du produit. Or, l'équipementier se voit notifier de nombreuses modifications produit et processus « *process or product change notification* » (PCN). Bien qu'il puisse refuser de ses fournisseurs une modification, ces derniers ne suivent pas systématiquement cette demande et engagent la modification de manière unilatérale. Les conséquences sont alors à la charge de l'équipementier, qui devra s'assurer de la compatibilité et si nécessaire faire évoluer son produit afin d'éviter un impact technique pour son client, à ses frais. Cela a donc un impact important sur le coût de revient et de production, le traitement de toute action issue d'une fin de disponibilité d'un composant sur le marché en faisant également partie.

---

<sup>6</sup> Le posoir est un outil spécifique à la forme d'une pièce dans une machine. Pour passer d'une version de pièces à une autre, On change les « posoirs » afin d'adapter la machine à une autre forme.

<sup>7</sup> Processus qui consiste à répartir un coût (coût d'un achat en bloc, charge indirecte, etc.) entre ses différents éléments ou entre des centres de coûts ou sections, selon un mode logique de ventilation. Dictionnaire de la comptabilité et de la gestion financière - Institut canadien des comptables agréés, 1994.



## 1.4 Situation Valeo

### 1.4.1 Valeo Structure et enjeu.

Le groupe Valeo, propose des solutions, des systèmes et des équipements permettant de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, d'améliorer la performance des véhicules et de développer la conduite intuitive. Le groupe compte plus de 110 000 employés répartis dans 184 sites de fabrications, 55 centres de recherches et développements et dispose également de 15 plateformes de distributions. Valeo est implanté dans 33 pays.

Valeo, est d'autre part, particulièrement innovantes, avec un totale de 1110 demandes en 2017 auprès de l'Institut National pour la Propriété Industriel (INPI) représentant ainsi le premier déposant de brevets en France.

Avec 18,8 milliards d'euros de chiffres d'affaire en 2017, cette multinationale du CAC40, est l'un des plus grands équipementiers automobiles. Il est d'ailleurs partenaire de nombreux constructeurs automobiles à travers le monde. Pour réaliser ce chiffre d'affaire, Valeo transforme environ 505 000 000 000 de composants en produits finis annuellement à destination de ses clients. La valorisation du stock nécessaire est de l'ordre de quelques pourcents de son chiffre d'affaire, ce qui le place en centaine de millions d'euros. Par ailleurs, pour assurer ses engagements contractuels, malgré les défections de certains de ses fournisseurs ou simplement car les lois du marché le lui imposent, Valeo se doit d'acheter de nombreux stocks de composants, sur des prévisions de consommations très aléatoires et des temps d'approvisionnement pouvant dépasser 1 an. A titre d'exemple, la saturation encore en cours de la capacité de fabrication mondiale de la technologie « *Multi-Layer Ceramic Capacitor* » (MLCC) produit des risques de discontinuité et un besoin de stockage à long terme (LTS) tant que possible. Ce type de procédure engendre d'importants impacts financiers, notamment par l'avance de trésorerie et les coûts de stockages. Ces coûts sont chaque année de plusieurs dizaines de millions d'euros. Valeo n'en doit pas moins rester compétitif et honorer ses engagements, c'est pourquoi le management de l'O/DMSMS devient pour le groupe un enjeu stratégique.

### 1.4.2 Gestion de l'obsolescence chez Valeo

Chaque famille de produits de Valeo dispose de sa propre gestion des problèmes d'obsolescence. Cela se traduit dans l'organisation par « groupe de produit » (tel que défini dans l'organisation de Valeo), d'un comité hebdomadaire appelé « comité technique » dont le travail est d'étudier toutes les demandes de modifications, quel que soit le client, interne ou fournisseur. Cela est également le cas des « *product discontinuance notification* » (PDN) qui sont transmises via des fournisseurs de tiers 1. Il n'y a pas à proprement dit d'équipe dédiée à la gestion de l'obsolescence. Dans les phases de développements, pour les composants spécifiques, des contrats sont établis afin d'assurer un service correspondant à la durée de vie contractuel avec le client. Pour ce qui est des composants sur étagères (COTS), pour lequel aucun contrat de service n'est établi et plus spécifiquement pour les composants électroniques, un service d'experts, le GEEDS (Group Electronics Expertise & Development Services), documente une base de données qui référence les composants et recommande ou exclut ceux-ci en fonction de critères techniques et de disponibilité. Cette base de données ne permet pas en revanche de croiser les données avec les bases de connaissances fournisseurs afin d'identifier les risques en termes de capacités globales, de risques géopolitiques ou technologiques. Constat est également fait que cette base n'est pas consultée pour proposer des évolutions sur les produits en séries. Une fois le produit mis sur le marché et suivant la



complexité du problème à résoudre, la gestion des fins de vies est laissée au management des équipes de production. Seuls cas les plus complexes sont confiés à une équipe projet complète qui aura pour charge de définir et mettre en œuvre la modification.

Ce processus a néanmoins évolué, avec l'apport du travail de notre thèse, tel qu'il sera évoqué au chapitre 3. Une nouvelle procédure établie est disponible en Annexe A . Néanmoins, cette procédure n'a qu'un caractère curatif. Malgré tout, pour le moment, aucune action anticipative n'est encore mise en œuvre, une fois le produit sur le marché.

Une première analyse nous a permis d'établir la Figure 5. Elle illustre les différentes gestions des fins de vie en fonction du choix de remédiation.

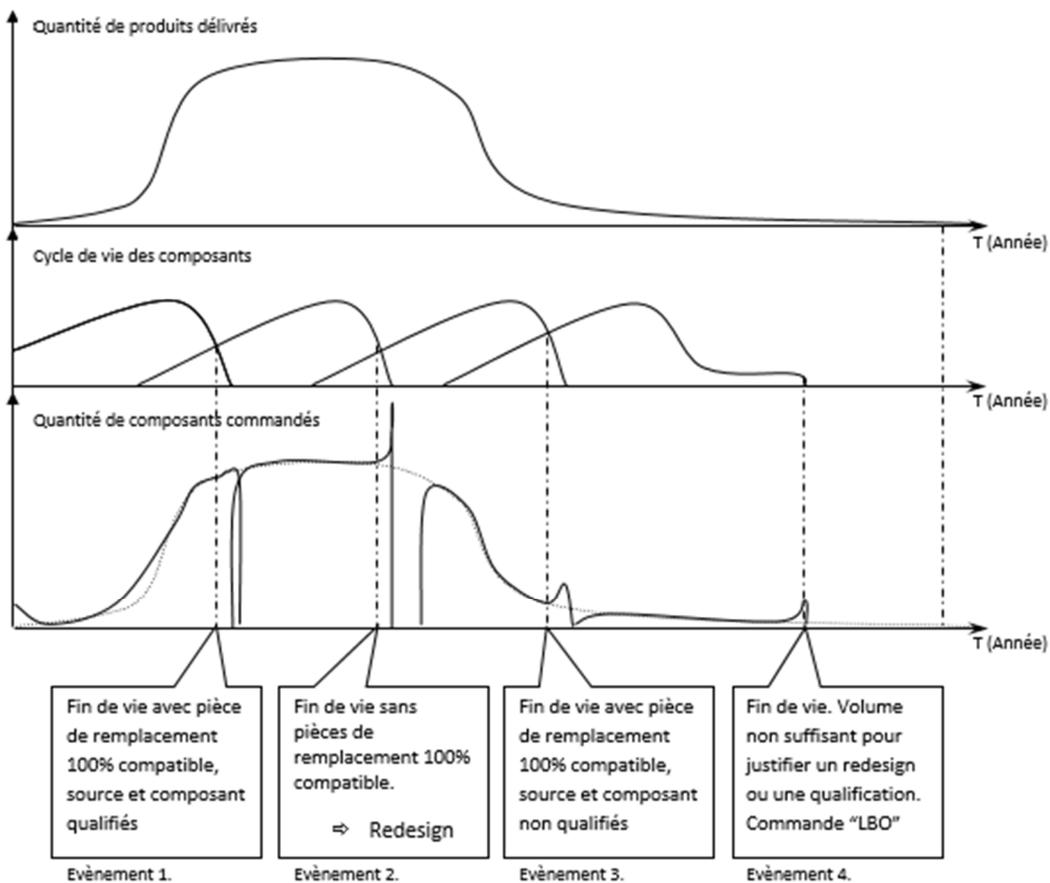


Figure 5 – Commande d'un composant durant diverses phases du cycle de vie

**Évènement 1 :** Fin de vie composant avec composant compatible, composant et source fournisseur qualifiés.

- Le nouveau composant est montable en l'état, sans modification produit ou process.
- Les validations se limiteront à la fonctionnalité de celui-ci, par l'assemblage du composant sur le produit fini et l'analyse des écarts afin de confirmer l'absence de dérive.
- L'approvisionnement se fait donc sans provision de composants et dans la continuité des programmes de production.
- L'impact sera minime en termes d'énergie déployée dans la gestion de ce type de changement et se limitera dans le temps à l'écart de prix entre le nouveau composant et l'ancien.



**Évènement 2 :** Fin de vie composant sans qu'il n'y ait sur le marché, de composants compatibles ou répondant aux contraintes du marché automobile.

- Il est nécessaire de trouver des sources alternatives, de les qualifier et de rendre compatible le produit fabriqué avec le composant (ou la fonction) de remplacement. Une telle reconception supposera la création d'un projet vie-série, avec tous les membres d'une équipe projet standard, ayant pour but de reconcevoir et revalider, suivant les normes du constructeur et la réglementation en vigueur (au moment du re-design), un produit fonctionnellement identique et sans impact client.
- Les validations sont identiques à celles effectuées lors de la mise sur le marché du produit, auxquelles est ajoutée la nouvelle réglementation en vigueur. De plus, ce type de modification produit suppose son acceptation et sa validation par le client. Cela implique un temps de traitement plus long prenant en compte le délai de questions / réponses et les demandes spécifiques qui en seraient induites.
- L'approvisionnement se fait via une provision de composants de la source disponible et qualifiée, que nous appelons « bridge-stock ». Ce bridge-stock permet de couvrir le délai nécessaire à la reconception et à la validation du nouveau design. Le calcul du bridge-stock est basé sur un modèle statistique des prévisions de vente dans lequel est pondéré la volatilité empirique du marché, les protocoles logistiques (qui impliquent une capacité à fournir suivant une flexibilité de volume de l'ordre de +/- 100% à 18 mois), ainsi qu'un coefficient d'incertitude pour prévenir la survenue d'évènements extérieurs.
- Ce type de discontinuité nécessite une avance de fond conséquente.
- Il est aisé de comprendre que cette estimation est stratégique, tant dans le risque de rupture que dans le risque d'excès. Il appartiendra de tenir compte de cet élément dans le nombre de ressources à mettre en œuvre afin de faire face à cette fin de vie.

**Évènement 3 :** Fin de vie composant avec composant compatible, mais source fournisseur non qualifié.

- Situation intermédiaire où le composant semble montable en l'état, sans modification produit ou processus, mais pour lequel Valeo n'a pas la certitude que le nouveau couple article-fournisseur permettra de garantir la fonctionnalité sans écart majeur.
- Le processus de validation se conduit sur deux axes parallèles :
  - La validation du composant suivant un plan de validation allégé se concentrant sur l'analyse des écarts, la fonctionnalité produit/processus.
  - La qualification de la source fournisseur, qui visera à auditer et certifier le processus de fabrication via l'implication des équipes d'assurance qualité fournisseur et par le biais d'audits spécifiques en fonction du produit.
- L'approvisionnement se fait également via une provision de composants de la source disponible et qualifiée, de type « bridge-stock », mais qui sera néanmoins moins importante du fait du planning des activités moins conséquentes.
- L'impact économique, pour les parties qualification et validation sera proche de celui du *re-design*, auquel sera retiré les activités de conceptions.

**Évènement 4 :** Fin de vie composant avec composant dont les volumes restant à produire ne justifient pas un changement de composant.

- Aucun impact produit ou processus (à court et moyens termes – pas encore de retour d'expériences sur le long terme).
- Il y a lieu de se concentrer sur deux aspects :



- La faisabilité de stockage du composant en le maintenant dans des conditions optimales d'utilisation, tout en permettant de maintenir un niveau acceptable de performance. Certains composants étant soumis à un risque de détérioration ou d'expiration « technique », il sera nécessaire de déterminer et mettre en place des conditions de contrôles et de stockages spécifiques qui permettront de maintenir et d'étendre au-delà du standard, un niveau de qualité suffisant à l'industrialisation du composant.
- Faire une estimation des quantités à continuer à produire la plus juste possible dans le but de garantir la fin de service de pièces rechanges sans discontinuité, tout en minimisant la quantité de composants restant à l'extinction totale de la fabrication des produits finis.
- L'impact économique initial en termes de ressources humaines est infime se résumant à effectuer l'estimation du reste à livrer suivi du passage d'une commande suite fin de vie.
- En revanche, cette commande sera proportionnelle à la durée de livraison restant à assurer.
- Outre le risque lié à la fiabilité de la prévision, cette option nécessite un suivi régulier des stocks vs. tendance vs. prévision, des conditions de stockages particulières (Oxydation, poussière, soudabilité, suivi des traçabilités) et donc une implication de nombreuses ressources.
- L'estimation des volumes de bases est d'autant plus importante qu'en cas de sous estimations conduisant à une rupture d'approvisionnement, Valeo se retrouverait contraint de basculer sur un mode re-design si le client refuse l'extinction prématurée du produit.

Cette figure considère que l'espérance de la fonction est égale à l'espérance du produit, c'est-à-dire, que chaque produit est analysé dans son unité et non comme l'élément d'un ensemble ou d'une architecture. Cette manière de procéder montre l'absence de maturité sur le sujet sur l'entité analysée et devra faire l'objet d'étude plus approfondie afin de structurer la construction d'outils de décision plus stratégique.

## 1.5 Sujet de recherche

Notre sujet de recherche concerne de manière générale la gestion de l'obsolescence et la prise en compte du cycle de vie des composants dans un système complexe pluri technologique. Les fournisseurs de rang 1 en prise direct avec leurs clients s'engagent à garantir une durée de vie de 20 ans de leurs sous-ensembles, là où leurs fournisseurs proposent des composants à cycle de vie court de l'ordre de 4 à 5 ans. Ces sous-ensembles doivent rester adaptables et « Upgradables » au regard des évolutions permanentes des besoins, des normes et des technologies.

La non prise en compte de ces éléments a pour conséquences des risques industriels qui nécessitent :

- la mise en place de moyens de stockage adaptés, la prise en compte de garantie qualité et de montabilité et la prise de risques financiers (sur/sous estimations, problèmes lors du stockage et dégradation des composants),
- la création d'un « projet série » visant à reconcevoir un composant supportant une fonctionnalité, devenu impossible à approvisionner, tout en la maintenant compatible avec l'interface,
- la recherche de solutions permettant d'adapter les moyens et les produits à la mise en application de nouveaux standards/normes et besoins, ... L'objectif de cette thèse est d'étudier l'obsolescence selon les angles complémentaires de : performance, structure, fonctions et fonctionnalités des systèmes. Ces recherches devraient permettre, en ingénierie de l'obsolescence, de déterminer un ensemble de méthodes ou outils pour la maîtrise des risques industriels.



Cette thèse s'appuiera sur un ensemble de cas réels pour lesquels la gestion de l'obsolescence est considérée comme un élément critique.

Les travaux doivent permettre également de formuler des préconisations en matière de stockage de nouveaux sous-ensembles afin qu'ils ne détériorent pas les fonctionnalités des produits finis composés.

Cette étude explorera la gestion de l'obsolescence à travers des cas concrets, sur des produits actuellement commercialisés.

En d'autres termes, au-delà de permettre par anticipation d'agir avant de subir, il s'agira de répondre à la question des gains qui pourraient être réalisés par une entreprise maîtrisant la garantie de fourniture sans discontinuité et sans excès de production.

## 1.6 Conclusion

Dans ce chapitre d'introduction, nous avons pu définir les périmètres de l'obsolescence et la liaison forte avec le DMSMS. De ces deux éléments naîtra le concept mutualisé d'O/DMSMS. Nous avons également pu expliquer les différents impacts, dresser l'inventaire des 8 remédiations et leurs liens avec la stratégie industrielle des entreprises et des filaires. Nous avons pu comprendre que cela impliquait également la réglementation et avons pu clarifier ce qu'est l'obsolescence programmée, même si cette étude l'exclue totalement du cadre de recherche. Dans un deuxième temps, un point a été fait sur la filière automobile ainsi que la structuration de son marché avec les principes d'OES et d'OEM. Nous avons pu comprendre les spécificités de ce marché où les seuls 20 plus gros constructeurs représentent 91% du marché. Nous avons pu établir le cadre contractuel, avec des obligations de fourniture de plus de 15 ans, et l'obligation d'application de la norme dédiée, rédigée et maintenue par les constructeurs automobiles, l'IATF TS16949, qui tel une épée de *Damoclès*, détermine l'autorisation de fournir en tant que tiers 1. Tous ces éléments, nous permettent de comprendre pourquoi dans ce contexte, il est indispensable de maîtriser l'obsolescence. Enfin, nous avons terminé par la situation de Valeo, ses enjeux et introduit sa structuration de la gestion de l'obsolescence. Le cadre du sujet de recherche a ainsi pu être défini.



## 2 Etat de l'art



## 2.1 Introduction

Dans les sections que regroupe l'état de l'art sont reprises les fondations permettant de démarrer et orienter le travail de recherche. Appuyer par les conclusions du précédent chapitre, nous abordons les différentes typologies d'obsolescences sous deux angles. Le premier en approche directe, appliqué à la cause racine de l'obsolescence, le second basé sur l'angle de la conception, ou l'usage prendra une place essentielle à l'orientation de la remédiation. Cela nous permet d'aborder, dans un deuxième temps, la notion de cycle de vie, qui sera lui-même scindé en phase de l'introduction jusqu'à la fin de vie. Facteur important de toutes activités visant à être lucrative, la notion de coût est abordée ainsi que les différents standards de management de l'obsolescence tentant de les maîtriser. L'équipementier devant mettre en place un système de management de la qualité spécifiquement défini, par l'IATF, une section est dédiée à cette norme, dans le but de ressortir les exigences contraignantes appliquées à la gestion d'obsolescence et ou de modification pouvant en générer. Enfin, après une revue de quelques méthodes de remédiations alternatives, nous nous concentrerons sur les notions de climat. Ces notions, qui pourraient paraître, à première vue très éloignées du sujet initiale, s'avèrent être le point de pivot indispensable à la mise en place d'un modèle de stockage à long terme innovant, appuyer par des principes scientifiques vérifiés et éprouvés.

## 2.2 Typologie d'O/DMSMS

### 2.2.1 Les typologies d'obsolescences en approche directe

La littérature distingue différents types d'obsolescence ou de raisons pour lesquelles des produits sont « écartés ». (Burns 2010), par exemple, discute de l'obsolescence esthétique et de l'obsolescence sociale (qui permet de situer son appartenance à une classe sociale, tel une marque de montre ou de vêtement). Des exemples supplémentaires incluent l'obsolescence logistique (qui attrait aux difficultés d'approvisionnement, uniquement dans un pays, avec un délai important, via un transport particulier) et fonctionnelle (qui correspond à la désuétude ou la perte de certaine fonction) (Cooper, *Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence* 2004) ; (Bartels, et al. 2012); (Tomczykowski 2001) ; (Feldman et Sandborn 2007). Cependant, réduite à son essence, toute obsolescence est en définitive une perte de valeur perçue (par exemple, désir ou affinité) du produit et / ou du système, provoquée, dans certains cas, par une fonctionnalité réduite du côté du produit et / ou du système (Box 1983).

C'est à la suite d'une innovation technologique qu'une des premières formes d'obsolescence s'est manifestée lorsque les démarreurs manuels des voitures ont été remplacés par des démarreurs électriques, installés par le constructeur Cadillac en 1912 (Déméné et Marchand 2015). Ce pas technologique, fut alors propagé à l'ensemble du marché dans les années 20 (Slade 2006). On apprend que ce besoin, est lié à l'émancipation de la femme, qui pour plus d'indépendance souhaite également utiliser les voitures. Néanmoins, peu adapté, compte tenu de la force nécessaire au démarrage à manivelle (Lambert 2009). Quelques années plus tard, en 1923, General Motors, troublera le marché avec « Une voiture pour chacun selon ses moyens et ses besoins » (Lipovetsky 2006). C'est ainsi la fin de 100% standard, sur catalogue et l'avènement de la différenciation automobile.

On analyse, que près de quarante ans plus tard, l'avènement du concept de consommation jetable, (Whiteley 1987); (Boradkar 2010), les produits d'usage quotidien et de grande consommation (Vaisselles, rasoirs, mouchoirs, filtre à café ...) deviennent à usage unique ou limité dans une logique d'hygiène ou de facilité (Slade 2006).

Dénonçant la guerre, le capitalisme, la société industrielle et l'oppression des libertés individuelles (Boradkar 2010), la culture Hyppies est la première à se vouloir consommer plus écologiques, voulant des produits plus durables et moins impactant pour la planète (Rosenberg 2009).



(Déméné et Marchand 2015) indiquent qu'au début des années 1980, une enquête de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) a dénoncé, à son tour, l'utilisation intensive et non renouvelable des ressources naturelles, ainsi que le gaspillage engendré par la consommation de biens à courte durée de vie (OCDE 1982). Ce contexte a stimulé le développement d'approches et d'outils permettant de minimiser les impacts environnementaux des produits, comme l'écoconception, concept progressivement amélioré grâce aux préoccupations sociales et économiques de la pensée cycle de vie (Cooper, Sustainability consumption and Throwaway Culture 2013). Au même moment, ont été développés différents intérêts de recherche sur la durée de vie, par exemple les stratégies visant à optimiser la durée de vie des appareils (Chalkley, et al. 2003), les approches en design permettant d'allonger la durée de vie (Van Nes, Understanding Replacement Behaviour and Exploring Design Solutions 2010), (Van Nes et Cramer, Influencing Product Lifetime through Product Design 2005), l'étude des relations usager/objet (Chapman 2005) et les stratégies défiant l'obsolescence (Park, Sustainable Consumption in the Consumer Electronic Sector: Design Solutions and Strategies to Minimise Product Obsolescence 2010), (Park, Defying Obsolescence 2010)). Tous ces procédés visent à augmenter soit la durée de vie, soit la répétabilité d'un produit. Ils révèlent un intérêt particulier pour notre problématique, notamment au niveau produit, améliorant leurs longévités en bonne condition, qu'au niveau conception des moyens de fabrication qui pourraient ainsi être plus fiable et/ou mieux réparable assurant une longévité accrue en bonne condition.

En parallèle, et sous l'influence des règlements mis en application principalement au sein de l'Union européenne, les entreprises ont, de nos jours, amélioré leurs procédés de production permettant d'optimiser l'utilisation d'énergie et des ressources naturelles (Cooper, Sustainability consumption and Throwaway Culture 2013). Cependant, les bienfaits obtenus grâce aux innovations technologiques dans les procédés de fabrication ne suffisent plus à freiner l'augmentation continue de la consommation de biens à l'échelle mondiale (European Environment Agency 2012).

D'après (Cooper, Sustainability consumption and Throwaway Culture 2013) : « Il y a une absence générale de preuves quant au fait que l'amélioration des produits suffira à elle seule à orienter l'économie vers une voie plus responsable ». Les ménages possèdent un nombre croissant d'équipements électroniques dont la durée d'utilisation tend à diminuer, notamment dans le cas des produits des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) (Cooper, Policies for Longevity 2010).

À titre d'exemple, la durée de vie d'un ordinateur était de quatre ans et demi en 1992, pour passer à trois ans en 1998, puis à deux ans en 2006 (Hai-Yong et Schoenung 2006). En vis-à-vis, bien que la durée de vie technique d'un téléphone portable soit de 5 ans, l'utilisateur, le renouvelle en moyenne au bout de dix-huit mois (Slade 2006).

En résumé de cette section, la Figure 6, inspirée des travaux de Déméné & al, permet de visualiser les auteurs précurseurs pour chaque typologie d'obsolescence. Cette figure nous permet également d'aborder la notion de responsabilité, considéré industriellement comme la cause racine qu'il faudra solutionner ou contourner.



AUTEURS	TYPOLOGIES	RESPONSABILITÉS		
		Usagers	Fabricants	Autorités politiques
Packard (1962)	Obsolésence planifiée	Obsolésence de fonction		X
		Obsolésence de qualité		X
		Obsolésence de présentation		X
Heiskanen (1996)		Obsolésence par défaillance		X
		Obsolésence par insatisfaction	X	
		Obsolésence par changements de besoins de l'utilisateur	X	
Granberg (1997)	Obsolésence relative	Obsolésence fonctionnelle	X	
		Obsolésence psychologique	X	
Cooper (2004)		Obsolésence technologique		
		Obsolésence économique	X	
		Obsolésence psychologique		
Guiltingan (2008)	Obsolésence planifiée	Obsolésence absolue		X
		Mort programmée ou conception visant à limiter la vie fonctionnelle/technique		X
		Conception limitant les réparations		X
		Conception esthétique		X
		Conception pour la mode		X
Burns (2010)		Conception pour l'amélioration fonctionnelle à travers l'ajout et la mise à jour des caractéristiques du produit	X	X
		Obsolésence technologique		X
		Obsolésence économique		X
		Obsolésence sociale	X	
Tollemer (2012)	Obsolésence planifiée	Obsolésence esthétique	X	
		Obsolésence sociale	X	
		Obsolésence fonctionnelle		X
		Obsolésence par incompatibilité		X
		Obsolésence indirecte		X
		Obsolésence par notification		X
		Obsolésence par péremption		X
Obsolésence écologique			X	

Figure 6 – Typologie d'obsolescence (Déméné et Marchand 2015)

### 2.2.2 Les typologies d'obsolescences abordées sous l'angle de la conception.

En prenant le parti de la conception de produit, l'obsolescence sera abordée du point de vue de l'usage. Comme présenté dans la Figure 7, l'angle de la conception nous donne une autre grille de lecture de l'obsolescence. Cette figure, issue des travaux de (Den Hollander, Bakker et Hultink 2017), nous renvoie à une analyse de la remédiation sous l'angle du besoin.

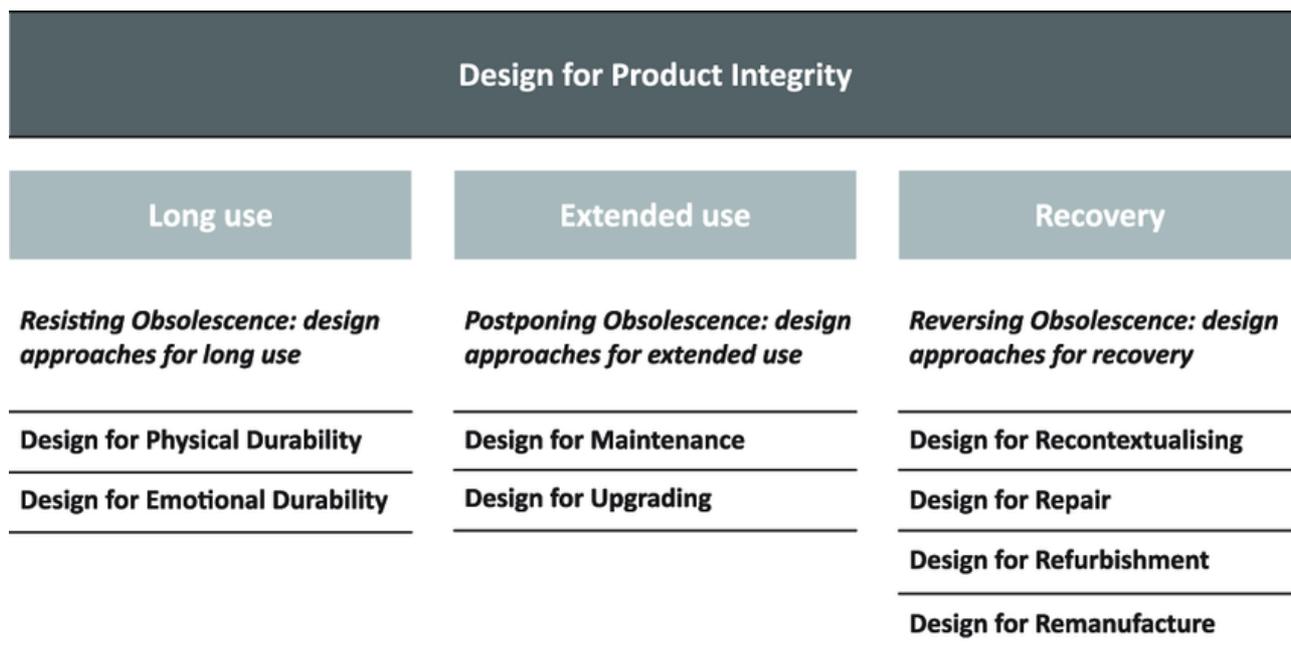


Figure 7 – Conception en fonction de l'usage

L'approche de remédiation, s'apparentera à une vision de typologie en fonction de l'usage, ou plutôt du besoin d'utiliser « encore ou à nouveau ». Cela influencera le plan d'action à mettre en œuvre, ne se limitant plus à la motivation ayant entraîné l'obsolescence, comme nous avons pu le voir dans la section précédente, mais effectivement, au besoin auquel il faut répondre. La proposition faite nous oriente donc sur trois axes : (i) un usage long, dans le sens durabilité du terme, cette approche s'entend pour un élément qui n'est pas encore conçu ; (ii) un usage étendu, ou comment prolonger la durée de vie d'un élément qui a démarré son cycle de vie ; enfin, (iii) un état de rétablissement / reprise, d'une activité ou d'un élément, qui serait éteint ou en fin de cycle de vie.

La Figure 8, extraite du rapport de (Wilkinson, *Obsolescence and life cycle management for avionics* 2015) montre quelques causes d'obsolescence, appliquées à l'avionique de défense, qui sont redistribuées sous l'angle de la conception. Ces travaux mettent également en relief, l'inadéquation du cycle de vie entre la base d'approvisionnement et la fabrication de l'avionique. La chaîne d'approvisionnement en composants suit un cycle technologique commercial d'environ 2 à 7 ans, alors que le cycle de vie des aéronefs et de l'avionique dure généralement 20 ans ou plus (Pecht, et al. 2002) et (Sandborn 2008). La cause sous-jacente de l'obsolescence induite par la législation est la demande croissante de la société pour un environnement moins pollué. L'obsolescence induite par la réglementation se produit parallèlement à l'évolution de la gestion de l'espace aérien et des systèmes air et sol associés, en réponse à la demande croissante du public pour plus de capacité, à moins de retards et à l'amélioration continue du dossier de sécurité.

Comme pour l'industrie automobile, cela montre que de nombreux acteurs causent ou sont affectés par l'obsolescence. L'industrie avionique repose principalement sur une base de fournisseurs commerciaux pour les composants et pour la plupart des outils de support utilisés dans la conception et la fabrication. L'industrie utilise souvent des processus de fabrication et de réparation sous contrat, mais elle est également régie par des réglementations et des lois (US Department of transportation, Federal Aviation Administration 2015).



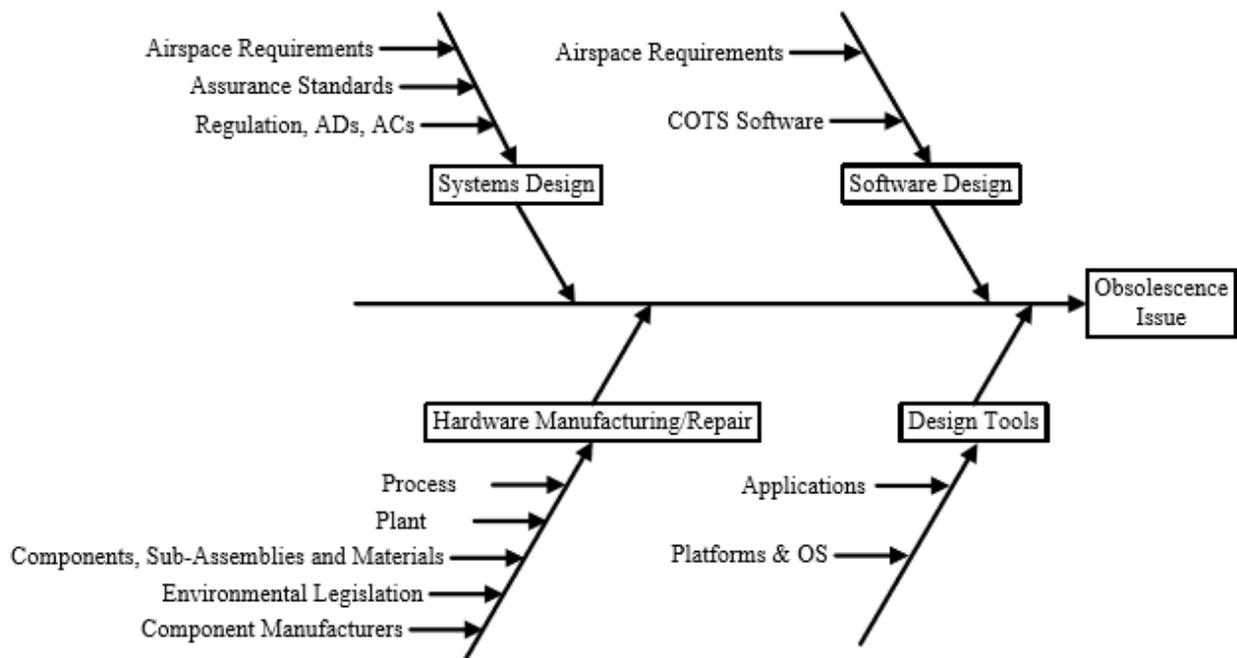


Figure 8 – Analyse Cause-Effet d'obsolescence appliquée à l'avionique de défense  
(Den Hollander, Bakker et Hultink 2017)

Cette analyse se retrouvera également dans les principes d'éco-design, qui propose aux concepteurs de produits une gamme de principes directeurs, de stratégies d'éco-conception et de méthodes (Pigosso, et al. 2015) ; (Bovea et Pérez-Belis 2012) ; (Luttrupp et Lagerstedt 2006); (Brezet et Hemel. 1997). Ces méthodes seront alors sources d'inspirations aux axes de remédiation, permettant soit de limiter les risques liés à la gestion des déchets, soit se fondant sur la durabilité, en prenant nécessairement en compte la nécessité de garantir un produit de qualité.

La durée de vie d'un produit est souvent assimilée à la période de temps pendant laquelle un produit est fonctionnel (par exemple, (Murakami, et al. 2010)). Cependant, la fonctionnalité est considérée comme un critère insuffisant pour deux raisons. Premièrement, de nombreux produits sont jetés alors qu'ils sont toujours en parfait état de fonctionnement (Oswald et Reller 2011); (Bayus 1991); (Van Nes et Cramer, *Influencing Product Lifetime through Product Design* 2005). Deuxièmement, les produits peuvent être temporairement hors d'usage sans être immédiatement mis au rebut. Un pneu à plat n'est pas une raison pour se débarrasser d'un vélo. Nous proposons donc de définir la durée de vie du produit en termes d'obsolescence. Un produit devient obsolète s'il n'est plus considéré comme utile ou signifiant par son utilisateur (Burns 2010).

L'état d'obsolescence n'est pas nécessairement permanent. Il peut souvent être inversé, ce qui donne un nouveau souffle à un produit, prenons par exemple la platine vinyle, considéré comme obsolète avec l'arrivée du *compact disk* et qui connaît un second souffle. Exprimer la durée de vie du produit en termes d'obsolescence et reconnaître que celle-ci peut souvent être inversée conduit aux observations suivantes synthétisées:

- ☐ Le cycle d'utilisation du produit est la durée de la période qui commence au moment où un produit est commercialisé, après sa fabrication ou sa récupération, et se termine au moment où un produit est libéré.
- ☐ La durée de vie du produit est la durée de la période qui commence au



moment où un produit est autorisé à être utilisé après la fabrication et se termine au moment où un produit devient obsolète au-delà de la récupération au niveau du produit.

- ☐ Le terme "récupération" désigne toute opération ayant pour objectif principal de l'obsolescence réversible.

Nous proposons donc une définition de l'obsolescence comme suit :

*L'obsolescence est la conséquence d'un évènement qui impact directement l'usage, l'utilité, le fonctionnement et/ou altère ou rend inutilisable un produit. L'obsolescence peut se propager en amont ou en aval, elle peut être directe ou indirecte.*

De la définition ci-dessus, il s'ensuit que les produits peuvent avoir un ou plusieurs cycles d'utilisation, mais seulement une vie. Tant que l'obsolescence d'un produit pourra être inversée, un nouveau cycle d'utilisation pourra être lancé. Si, toutefois, les composants ou modules ne peuvent être récupérés qu'au prix de la destruction définitive de l'intégrité du produit, c'est-à-dire du recyclage au niveau du matériau, la durée de vie du produit prend fin.

En utilisant le terme obsolescence dans les définitions du cycle d'utilisation et de la vie du produit, il est reconnu que la réduction des cycles d'utilisation et de la durée de vie du produit n'est pas uniquement déterminée par les propriétés physiques du produit isolé, mais bien par la valeur perçue dans son contexte plus large. L'aspect de fiabilité du produit, où l'habitude d'usage pourrait engendrer une obsolescence par une mise au rebut techniquement prématuré. Dans un environnement quotidien, nombreux objets « à usage unique » pourraient avoir plusieurs utilisations, pourtant la valeur d'un gobelet en plastique de machine à café, nous pousse à la jeter alors que nous pourrions techniquement le laver puis le réutiliser.

## 2.3 L'analyse des cycles de vie

Le principe générique du cycle de vie est présenté par dans la Figure 9. Le cycle de vie standard d'un produit est réparti en 7 phases. Introduction, croissance, maturité, saturation, déclin, sortie, arrêt. La Figure 9 permet également d'illustrer ce que l'on entend par « management proactif », qui concentre toute les actions anticipatrices de la notification de fin de vie, du management curatif, qui vise à remédier à l'obsolescence une fois que celle-ci est notifiée et identifiée.



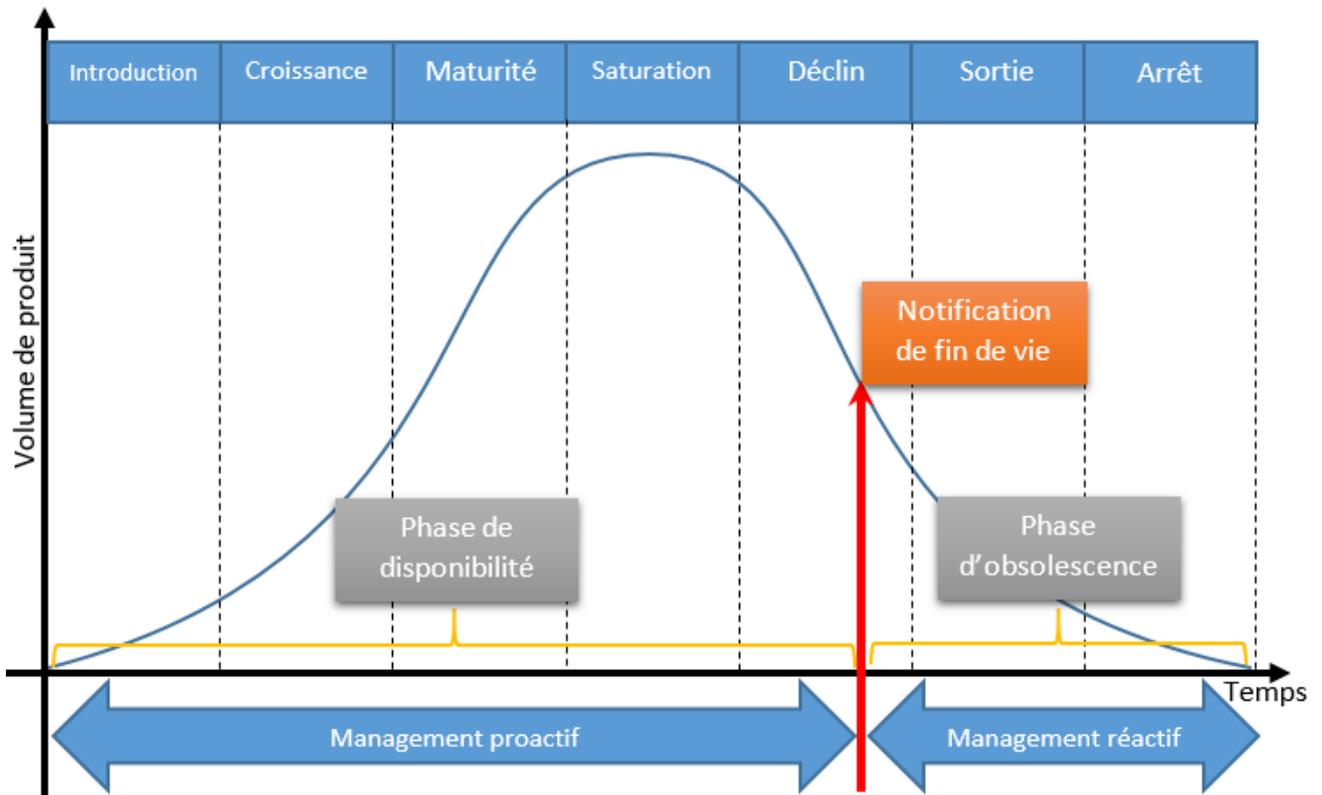


Figure 9 – Cycle de vie d'un élément

Il n'existe pas de grille prédéfinie des durées de vie pour chaque type de composants, cela étant très dépendant de la stratégie des entreprises. Néanmoins, des études montrent que la durée des cycles de vie a très fortement chuté notamment pour les composants électroniques. Il existe sur ce point différents travaux dont les conclusions se recoupent dont l'analyse de l' (Aerospace-valley 2017), qui tel que présentée par la Figure 10, démontre que la durée de mise sur le marché des composants électroniques a été réduite de plus de 600% en 50 ans.

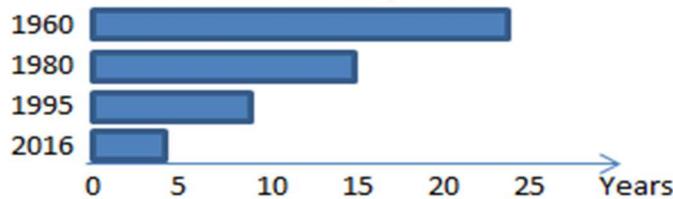


Figure 10 – Durée moyenne de mise sur le marché des composants électroniques

Fort de ces deux éléments, on pourra alors considérer la Figure 11, inspirée par (Cutrona, Margini et Fantuzzi 2016), qui dans leurs travaux sur la chaîne de la valeur, comparent le cycle de vie au profit. L'analyse de la figure par les phases de profits est présentée dans le Tableau 2.

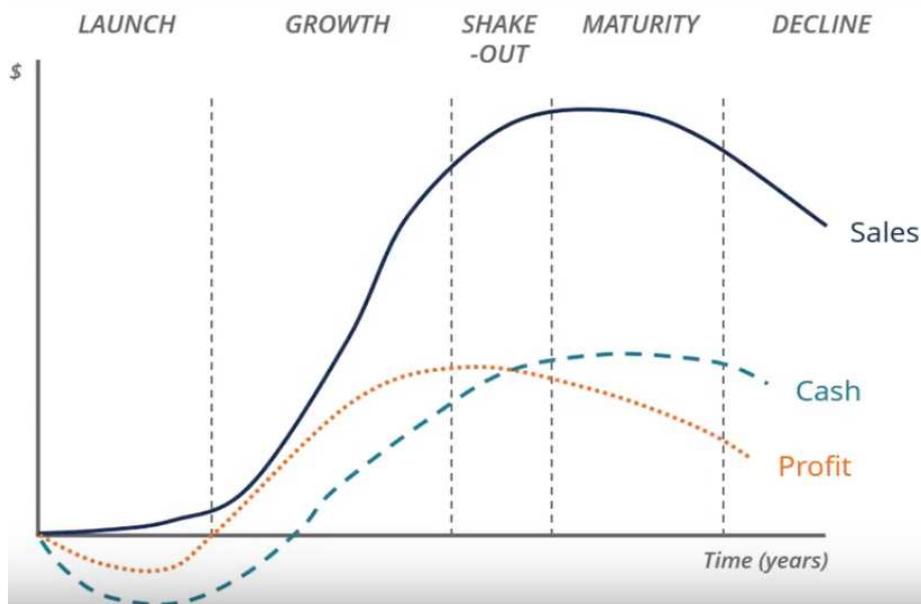


Figure 11 – Business life cycle

Caractéristiques	Etapas			
	Introduction	Croissance	Maturité	Déclin
Ventes	Faible	Forte	Forte	Faible
Coût d'investissement	Très fort	Fort	Faible	Faible
Compétition	Basse, voire inexistante	Forte	Très forte	Très forte
Profit	Bas	Haut	Haut	Bas

Tableau 2 – Analyse du profit en fonction du cycle de vie

On comprendra alors, qu'avec l'accélération de la compétition, une guerre de prix s'engage. Cette guerre des prix pousse le compétiteur à réduire son profit et au fil du temps ses marges. Le seul moyen pour l'entreprise de maintenir sa rentabilité, est de lancer de nouveaux investissements dans le but de renouveler le cycle de profit. L'analyse de la rentabilité sera donc un facteur majeur de motivation de déclencher pour le fournisseur une fin de vie. Dans le but d'anticiper ce phénomène, il serait intéressant de maîtriser le coût de revient au prix d'achat de marché, dans le but d'intégrer un indicateur de vigilance.

L'analyse de l'obsolescence dans le cycle de vie, pourra également faire l'objet d'une prédiction suivant les motivations définies par (Déméné et Marchand 2015), tel que présenté dans la Figure 12.

CATÉGORIES		DÉFINITIONS
<b>Obsolescence relative</b> (fin de vie prématurée)	Psychologique	Mise au rebut d'un équipement pour diverses raisons, telles que l'esthétique, la mode, un besoin de changement lié au statut social, un changement de situation familiale (ex. naissance d'un enfant) ou professionnelle (ex. télétravail)
	Technologique	Mise au rebut d'un produit électronique en raison de ses performances technologiques (ex. lenteur d'utilisation, faible autonomie d'énergie, qualité graphique)
	Économique	Mise au rebut d'un appareil électronique à cause de son coût élevé d'utilisation, d'entretien et/ou de réparation
	Écologique	Mise au rebut d'un bien à caractère électronique pour des motifs écologiques (ex. consommation importante d'énergie et de produits satellites, tels que l'eau et les produits chimiques comme les détergents)
<b>Obsolescence absolue</b> (fin de vie technique)		Mise au rebut d'un équipement électronique qui a atteint sa fin de vie technique (ex. appareil photo jetable, cartouche d'encre).

Figure 12 – Typologie adaptée au contexte d'élimination des produits électroniques

Aussi bien d'un point de vue économique que d'intérêt fonctionnel. Pour l'utilisateur final, il faudrait répondre aux questions :

- ☐ La fonction est-elle toujours utile ?
- ☐ Son coût de remédiation est-il cohérent avec le besoin et/ou l'usage ?
- ☐ Est-ce une fonction principale, sécuritaire ou accessoire ?

Ces réponses ne sont pas évidentes à obtenir, tant l'usage et le besoin son fonction de la localisation de l'usager. Il va de soi qu'un système de dégivrage est indispensable en Sibérie alors qu'il est absolument inutile en plein Sahara. De même, les règles de réparation de certains pays émergeant, qui font acquisition de nos véhicules vouaient à la destruction en Europe, sont certainement très loin des exigences de nos contrôles techniques français. Il en va de même lorsque la réparation est très intrusive et que le coût de la fonction dépasse la valeur d'usage du produit à réparer.

## 2.4 Coût de remédiation

Les analyses de coûts que nous pouvons retrouver dans la littérature sont principalement liées aux travaux et analyse en lien avec la remédiation de DMSMS dans le secteur militaire.

Le traitement des problèmes d'obsolescence peut être traité selon une stratégie réactive ou proactive (MacCormac 2003). Alors que la stratégie réactive répond à une méthode de résolution de l'obsolescence ce n'est que lorsqu'un composant ou un équipement défaillant ne peut pas être remplacé, une stratégie proactive répond aux l'obsolescence assez tôt avant leur apparition (British Standard Institute 2007) ; (Buratti et Brusco 2000). Chaque stratégie a ses propres avantages et inconvénients en fonction de la durée de vie et du niveau de risque encouru. Une stratégie réactive peut s'avérer réalisable là où une défaillance est peu probable et une durée de vie réduite, par exemple 5 à 10 ans, [Baker, 2011]. Cependant, une stratégie proactive peut être la meilleure option lorsque l'inactivité est inacceptable comme dans le cas de la production sous-marine. Des stratégies proactives et réactives différentes sont présentées par différentes industries telles que l'armée, le nucléaire et les industries avioniques (Shaw, Speyere et Sandborn 2010); (Rojo 2011); (J. W. Tomczykowski 2003);



(Shuman 2002); (Singh et Sandborn 2006); (Singh et al, Determining optimum redesign plans for avionics based on electronic part obsolescence forecasts 2002).

La métrique des coûts d'ingénierie non récurrente (NRE) pour chacune des résolutions produites par l'enquête réalisée par le Department of Defense (DOD) des États-Unis pour Defense Micro Electronics L'activité (DMEA) est indiquée dans le Tableau 3. La métrique des coûts trouve une application dans le sous-marin car elle traite d'un marché électronique commun qui utilise les composants sur étagères (COTS) dans leur conception (Cretenet 2004).

Résolution	(1999) Montant (US\$)	(2012) Montant (US\$)	Temps de résolution (Moyen en semaines)
Stock existant	0	0	0
Réclamation	1884	2581	12
Alternative	6384	8746	11
Substitution	18111	24812	25
Achat lot fin de vie	43684	59847	10
Fabrication OES	47360	64883	21
Émulation	68012	93176	26
Reconception mineure	111034	152116	42
Re conception majeure	410152	561904	64

Tableau 3 – coût de résolution adopté par la DMEA (W. Tomczykowski 2001)

Le SD-22 du DMSMS en version 2014 présente lui aussi un tableau de valeur. Sa traduction est présentée dans le Tableau 4.

Solution	Cout en USD		
	95% confiance (limit basse)	Cout moyen	95% confiance (limit haute)
Pièces approuvées	900	1028	1100
Commande besoin fin de vie	4600	5234	5900
Substitution simple	11900	12579	13200
Substitution complexe	14800	25410	36000
Extension of production or support	14000	25472	36900
Réparation ou rénovation	21300	65015	108700
Développements de nouveau article ou source	437600	655411	873200
Re design mineur	900300	1092856	1285400
Re design complexe / remplacement du système	7142100	10287964	13433800

Tableau 4 – coût de résolution d'après le guide SD-22 du DMSMS en version 2014

D'autre part, si la stratégie réactive n'implique aucune provision budgétaire particulière pour la gestion de l'obsolescence, des mesures correctives imprévues ultérieures peuvent entraîner des coûts importants. La stratégie proactive impliquera toutefois la mise en œuvre d'une provision budgétaire (W. Tomczykowski 2001).

## 2.5 Management de l'obsolescence

Citons en premier lieu, Roy ROWAN, qui caractérisait le management comme « l'art de prendre des décisions à partir d'informations insuffisantes. »



C'est bien là que se situe la principale difficulté. Qui plus est dans l'automobile, où l'on ne maîtrise pas la réalité du parc actif. Néanmoins, afin de structurer l'activité, il existe des propositions visant à organiser les activités, tel un système de management de l'obsolescence, de manières à en optimiser les connaissances, et pour la suite le résultat.

En avionique, les deux principaux acteurs disposent d'un système propre. Airbus a introduit un complément à son document ABD-100 (Airbus s.d.), le document de référence sur les besoins en équipements, afin de définir les caractéristiques et objectifs clés d'un processus de gestion de l'obsolescence que devraient suivre ses fournisseurs. Le document Boeing D6-55583 (Boeing 2011) est le document de besoins principal du plan de gestion des composants électroniques du fournisseur. Ce document est actuellement en cours de révision pour inclure la gestion de l'obsolescence.

Dans le domaine militaire, Thomson-CSF décrit une approche partiellement proactive englobant une liste de pièces préférées, des actions de récupération de l'obsolescence et des approches d'analyse du cycle de vie pour minimiser l'impact futur (Gaillat 2000). Il y a plus de 20 ans, Raytheon a développé son propre outil pour suivre l'état du cycle de vie des composants dans sa base de données de pièces approuvée (Gupta et Chow 1985). Alenia a présenté un processus de gestion proactive de l'obsolescence des systèmes militaires (Gupta et Chow 1985).

Dans l'industrie, Honeywell met en œuvre un processus documenté par le biais de procédures d'entreprise appliquées par le système d'assurance qualité. Ce processus est illustré à la Figure 13.

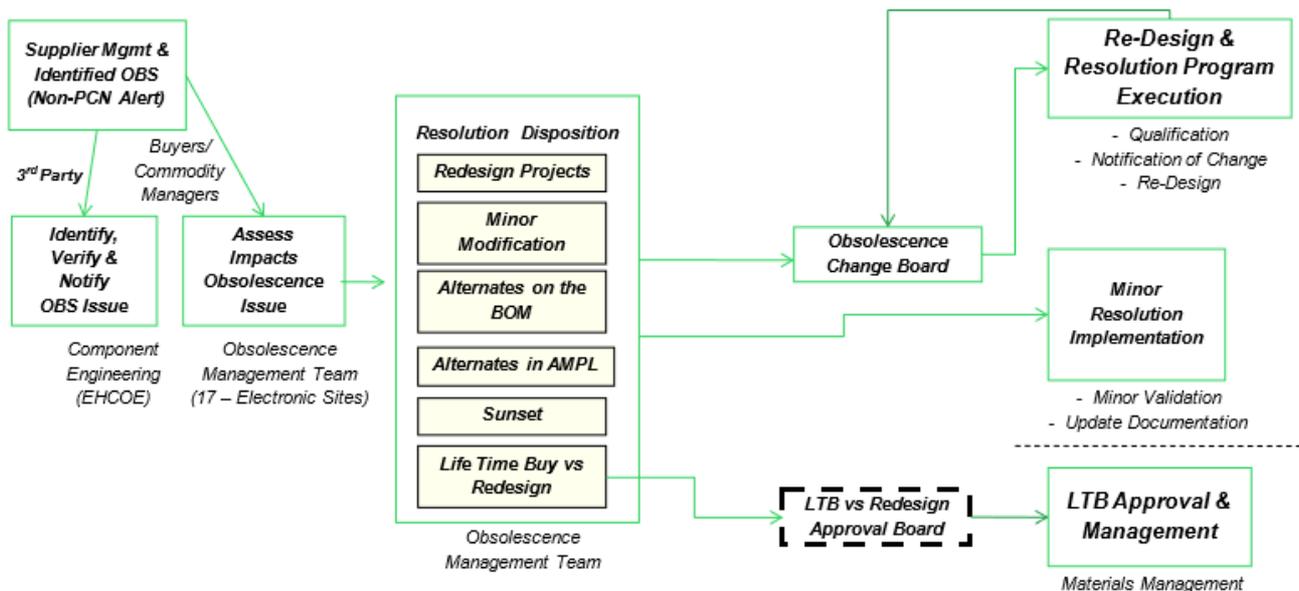


Figure 13 – Management de l'obsolescence chez Honeywell  
(Department of Transportation Federal Aviation Administration 2015)

Honeywell obtient des notifications d'obsolescence imminente par le biais de divers services d'abonnement, utilise un outil de suivi de la gestion de l'obsolescence pour attribuer les responsabilités d'implémentation de la méthode de résolution et suit chaque incident jusqu'à son achèvement. En outre, un outil de suivi est utilisé pour gérer et comptabiliser les divers inventaires de composants obsolètes situés sur plusieurs sites de fabrication, ainsi que pour estimer et gérer les derniers achats longue durée (LTB) afin de contrôler et de répartir la destruction des stocks au niveau mondial.

Dans la littérature scientifique, autres que les modèles énumérés, un autre exemple est proposé, celui de Romero (Romero, Roy et Kelly 2012) (Figure 14), mais il n'existe pas de cas applicatif référencé permettant de juger la mise en œuvre.





Figure 14 – Processus de gestion de l'obsolescence selon Romero (2012)

## 2.6 L'IATF TS16949

La norme IATF 16949 (International Automotive Task Force), précédemment normes ISO TS16949 (Organisation internationale de normalisation), définit les « exigences pour les systèmes de management de la qualité applicables aux organismes pour la production de série et de pièces de rechange dans l'industrie automobile ». De part celle-ci, on s'applique à vérifier que les manufacturiers du secteur automobile déploient un système de management de la qualité suffisant et fiable au regard des besoins exprimés par leurs clients.

Les principales particularités résident, d'une part, dans le fait que cette norme est rédigée par des constructeurs automobiles, les principaux intervenants étant pour l'Italie l'ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industrie Automobilistiche), pour les États-Unis l'AIAG (Automotive Industry Action Group), pour la France la FIEV (Fédération des industries des équipements pour véhicules), pour le Royaume-Uni la SMMT (Society of Motor Manufacturers and Traders Ltd.), pour



l'Allemagne : VDA (Verband der Automobilindustrie e.V.) ; et d'autre part, que la certification à celle-ci est une condition sine qua non à l'autorisation de fournir en pièces les constructeurs.

Le respect de cette norme, est indispensable au maintien dans le marché. Il faut considérer les contraintes de respect de cette norme, indissociablement du reste des contraintes liées à la fabrication (marché, ressources, ...). Néanmoins, à la lecture de celle-ci, nous apprenons, qu'elle « s'associe aux exigences spécifiques du client ». Il ne faudra donc pas considérer qu'elle fait seule autorité.

Par ailleurs, la norme aborde un grand éventail de leviers d'action d'un point de vue du SMQ comme le montre la Figure 15 mais les termes « obsolescence » et « fin de vie » ne sont pas spécifiquement traités dans l'IATF 16949, même dans sa version de 2016. L'obsolescence pouvant apparaître à toutes les étapes de cycles de vie, on ne pourra néanmoins considérer que ce phénomène serait exclu de ladite norme. En effet, le rapport aux risques et à la protection du client par des plans de surveillance est clairement observé.

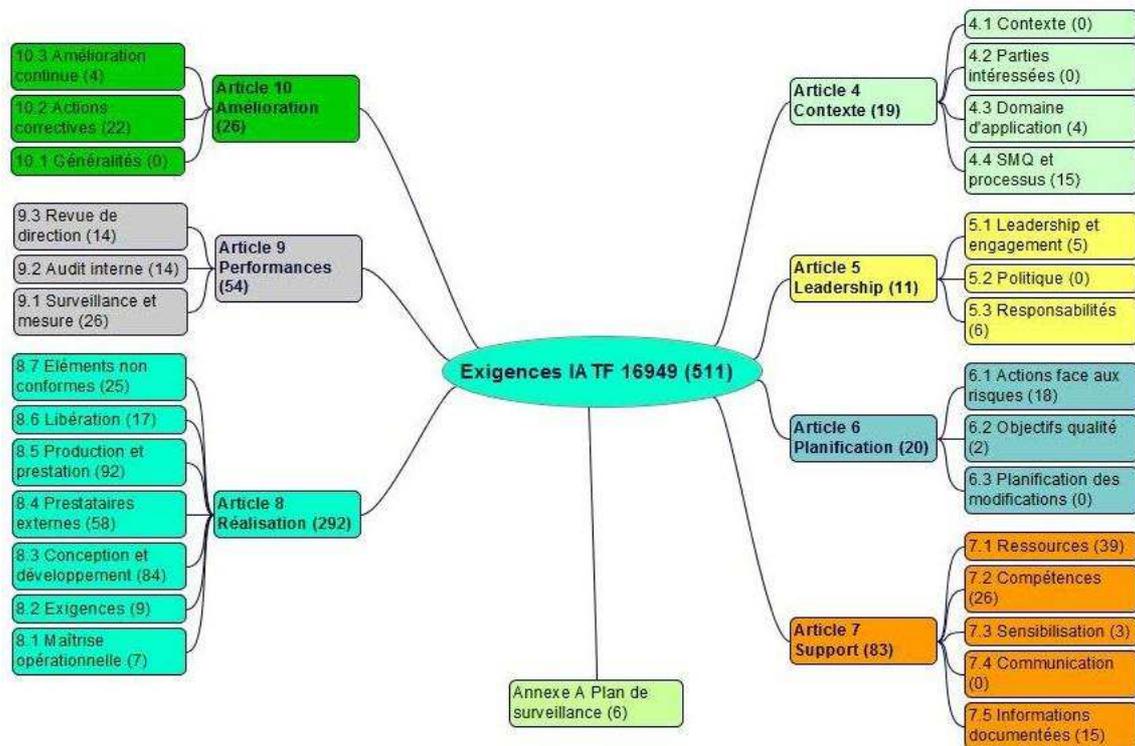


Figure 15 – Spectre des éléments abordés par l'IATF 16949:2016

Comme tous systèmes de management de la qualité, le principal point de vigilances portera sur le maintien de la conformité du produit. Peu importe, les actions menées, les sources de remédiations ne devront pas devenir sources de non-conformité et/ou avoir un impact sur le produit livré sans que n'ait été impliqué le constructeur dans le processus. De même, il appartient à l'OEM de garantir que ces fournisseurs n'en engendreront pas, de par leurs négligences. Dans un contexte, d'O/DMSMS, il sera important également d'intégrer le fait que ces exigences restent valables peu importe le volume, l'étape dans le cycle de vie ou que la fréquence de livraison soit fréquente ou espacé de plusieurs années. Ce référentiel normatif restera valable tout au long de la période de livraison et tout au moins tant que le contrat de fourniture est actif, bien qu'il puisse être compliqué d'assurer le suivi sur des périodes de plus 15 années.



On comprendra que la formulation de la norme vise à garantir les processus sur des volumes en augmentation, pour notre part, nous garderons à l'esprit que ce processus doit respecter ces exigences alors que les fabrications se font sur de faibles volumes ou que les fabrications sont espacées de plusieurs mois, voire années. L'item 6.1.2.2 de la norme IATF 16949 « Actions préventives », nous indique notamment que « l'organisme doit établir un processus visant à réduire l'impact des effets négatifs des risques ». Les actions devant y répondre, sont :

- a) identifier les non-conformités potentielles et leurs causes ;
- b) évaluer le besoin d'actions pour éviter l'apparition de non-conformités ;
- c) déterminer et mettre en œuvre les actions nécessaires ;
- d) disposer d'informations documentées sur les actions prises ;
- e) passer en revue l'efficacité des actions préventives qui ont été prises ;
- f) utiliser les enseignements tirés de l'expérience pour prévenir la récurrence dans des processus similaires.

Via la mise en place de processus rigoureux au sein des entreprises, régit par leurs systèmes de management de la qualité, les principales activités visées par l'IATF 16949 permettant d'agir, ou du moins détecter, en amont d'une source d'obsolescences sont la planification et maîtrise opérationnelles, l'étude de la faisabilité, le transfert et maintien des compétences et enfin de la sécurisation des prestataires externes. On notera que l'IATF prévoit que certaines de ces activités soient revues et prises en compte par la direction.

Afin d'en faciliter la lecture, le Tableau 5 propose l'analyse des exigences pertinentes de la norme, dans la mise en place d'un système de management de l'obsolescence pour un organisme tel que Valeo.



<b>Exigences</b>	<b>Titre</b>	<b>Extrait</b>	<b>Maintien en conformité</b>	<b>Anticipation des sources d'O/DMSMS</b>	<b>Rapport à l'obsolescence</b>
4.4.1.1	Conformité des produits et des processus	L'organisme doit assurer la conformité de tous les produits et processus de fabrication, incluant les pièces de rechange et tout ce qui est fourni par des prestataires externes aux exigences du client, aux exigences légales et réglementaires applicables.	X		Peu importe l'âge de la technologie ou la durée de stockage précédent la vente ; le produit doit rester en conformité avec le cahier des charges établis.
4.4.1.2	Sécurité du produit	L'organisme doit disposer de processus documentés pour la gestion des produits et des processus de fabrication liés à la sécurité des produits, qui doivent inclure les dispositions suivantes, sans toutefois s'y limiter : [...] les modifications du produit ou du processus doivent être approuvées avant leur mise en œuvre.	X		Toutes évolutions des sources d'approvisionnement et de leurs procédés de fabrications doivent être connues et validées. Cela est de la responsabilité de l'équipementier.
7.1.3.1	Planification relative aux usines, aux installations et aux équipements	L'organisme doit utiliser une approche pluridisciplinaire, incluant un système d'identification et de réduction des risques pour la conception et l'amélioration des plans d'une usine, d'une installation et d'un équipement. Pour la conception des plans d'agencement d'un site, l'organisme doit : a) optimiser le flux des matières, la manutention des matières et l'utilisation à valeur ajoutée de l'espace au sol, y compris, la maîtrise des produits non conformes ; [...] L'organisme doit maintenir l'efficacité des processus, y compris par la réévaluation périodique des risques, afin d'intégrer tous les changements réalisés pendant l'approbation des processus, la mise à jour du plan de surveillance et la vérification de la mise en état des postes de travail. Les évaluations de la faisabilité de la fabrication, et l'évaluation de la planification du capacitaire doivent constituer des éléments d'entrée des revues de direction.		X	Le point le plus pertinent de cette exigence est "l'évaluation de la faisabilité de fabrication". Cette étude sera très utile en anticipation des situations d'O/DMSMS. D'un point de vue stratégique, il est noté que cette analyse est d'un point d'entrée de la revue de direction.
7.2.1	Compétences – Supplément	L'organisme doit établir et maintenir un (des) processus documenté(s) pour l'identification des besoins en formation incluant la sensibilisation et pour l'acquisition des compétences pour le personnel effectuant un travail ayant une influence sur la conformité aux exigences relatives au produit et au processus.		X	La perte de savoir qui conduirait à l'impossibilité de démarrer un moyen de fabrication est relevée dans cette exigence. Le "knowledge management" s'entend donc appliqué à l'ensemble des processus et moyen de fabrication.
7.2.2	Compétences – Formation sur le poste de travail	L'organisme doit fournir une formation sur le poste de travail, à tout personnel se voyant confier des responsabilités nouvelles ou modifiées pouvant affecter la conformité aux exigences qualité, aux exigences internes, aux exigences légales et réglementaires ;		X	Bien qu'un moyen de fabrication, ne serve plus ou très peu, il faudra maintenir la compétence des personnes aux exigences client et réglementaire. Cela passe par une matrice de compétence, celle-ci pourrait alors être combinée aux absences et départs planifiés (Formations, retraites...).
8.1.1	Planification et maîtrise opérationnelles – Supplément	La planification de la réalisation du produit doit couvrir les points suivants : [...] c) l'étude de faisabilité de la fabrication ;		X	Comme indiqué 7.1.3.1, cette étude contribue à anticiper des sources d'O/DMSMS, lorsque les moyens ne sont plus disponibles, peu importe la raison. Le but étant d'avoir le temps de prendre une décision dans un mode proactif.
8.2.3.1.3	Étude de faisabilité de la fabrication par l'organisme	L'organisme doit utiliser une approche multidisciplinaire pour procéder à une analyse afin de déterminer s'il est possible que les processus de fabrication de l'organisme soient capables de produire régulièrement un produit qui répond à toutes les exigences techniques et capacitaires spécifiées par le client. L'organisme doit mener cette étude de faisabilité pour toute [...] modification dans la conception du produit ou du processus de fabrication.		X	L'accent de cette exigence est l'aspect pluridisciplinaire dans la maîtrise de la faisabilité. C'est-à-dire que l'ensemble du flux et des exigences client doivent être analysés, de manière proactive, et ce pour tout changement planifié affectant le produit ou son processus de fabrication.
8.4.1.2	Sélection des prestataires externes	L'organisme doit avoir un processus documenté pour sélectionner ses fournisseurs. Le processus de sélection doit inclure :		X	Dans le cadre direct de l'aspect anticipatif du DMSMS, l'organisme doit avoir un plan de management de ses fournisseurs, permettant



	<p>a) une évaluation des fournisseurs sélectionnés en termes de risques sur la conformité des produits et risques d'approvisionnement du client final ;</p> <p>b) des performances pertinentes en matière de qualité et de livraison ;</p> <p>c) une évaluation du SMQ des prestataires externes ;</p> <p>d) une prise de décision pluridisciplinaire ;</p> <p>e) une évaluation de la capacité pour le développement de logiciel, si applicable.</p> <p>D'autres critères de sélection des fournisseurs devraient être pris en compte en incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o le volume d'activité pour l'automobile (en valeur absolue ou en pourcentage) ;</li> <li>o la stabilité financière ;</li> <li>o le degré de complexité du produit, du matériau ou du service acheté ;</li> <li>o les technologies requises pour le produit ou le processus ;</li> <li>o l'adéquation des ressources disponibles (par exemple, le personnel ou l'infrastructure) ;</li> <li>o le potentiel de conception (incluant le management de projets) ;</li> <li>o la capacité de fabrication ;</li> <li>o le processus de gestion des modifications ;</li> <li>o la planification de la continuité des activités (par exemple, la préparation aux catastrophes ou aux situations d'urgence) ;</li> <li>o le processus logistique ;</li> <li>o le service au client.</li> </ul>			de limiter les risques de défaillances tant d'un point de vue technique (qualité, moyen, technologique) que financier (risque de banqueroute, ressources suffisante). Cette analyse permettrait de mettre en évidence des failles et ainsi de prendre en anticipation des actions de prévention, tel que la recherche de fournisseur suppléant ou la constitution de stock de sécurité sur des périodes considéré "en tension".
8.5.1.3	Vérification de la mise en état des postes de travail	<p>L'organisme doit :</p> <p>a) vérifier la mise en état des postes de travail, notamment lors [...] du remplacement d'un matériau ou d'un changement de campagne de fabrication ; [...]</p> <p>c) utiliser des méthodes statistiques de vérification, où cela est applicable ;</p> <p>d) réaliser la validation première/dernière pièce produite, si applicable ; où cela est approprié, les premières pièces produites seront conservées pour comparaison avec les dernières pièces produites ; où cela est approprié, les dernières pièces produites seront conservées pour comparaison avec les premières pièces de la séquence de production suivante ;</p> <p>e) conserver les enregistrements de l'approbation des produits et des processus une fois les postes de travail mis en état, et de la validation des première/dernières pièces.</p>	X	L'archivage des produits, pour comparaison futur, impose la mise en place d'un stockage permettant de les maintenir en bonnes conditions. Ces règles de stockages doivent pouvoir couvrir une période correspondant à l'écart entre 2 fabrications. Plus la taille de lot de fabrication sera disproportionnée de la prévision annuelle des ventes, plus la période de stockage sera longue.
8.5.1.4	Vérification consécutive à un arrêt de production	L'organisme doit définir et mettre en œuvre les actions nécessaires pour garantir la conformité des produits avec les exigences après une période d'arrêt de production planifiée ou non planifiée.	X	Lorsque que les tailles de lot ne sont pas revues, la réduction des besoins en fin de vie implique mécaniquement une augmentation de la période entre 2 fabrications. Il faudra donc préventivement mettre en œuvre les actions assurant un démarrage en conformité (stockage spécifique des outillages, maintien de la formation, ...)
8.5.1.5	Système TPM (Maintenance Productive Totale)	<p>L'organisme doit développer, mettre en œuvre et gérer un processus TPM documenté.</p> <p>Le système doit inclure au minimum :</p> <p>a) l'identification les équipements de fabrication nécessaires pour obtenir, au volume demandé, des produits conformes ;</p> <p>b) la disponibilité des pièces de rechange des équipements identifiés au point a) ;</p> <p>c) la fourniture de ressources pour la maintenance des machines, des équipements et l'entretien des installations ;</p> <p>d) le conditionnement et la préservation des équipements, des outils et des instruments de mesures ;</p>	X	Ce point implique la mise en œuvre d'une surveillance de l'obsolescence des moyens et de leurs pièces de rechanges. Ainsi que de règles de stockages particulières appliquées à ces dernières.



8.5.1.6	Gestion des outillages de production et des équipements et outillages de test, contrôle en fabrication	<p>L'organisme doit fournir les ressources pour la conception des outillages et des moyens de contrôle, ainsi que pour leur fabrication et leur vérification, utilisés pour la production des produits, matériaux et services et pour les matériaux en vrac, si applicable.</p> <p>L'organisme doit établir et appliquer un système pour la gestion des outillages, que ceux-ci appartiennent à l'organisme ou au client, incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) le personnel et les installations de maintenance et de réparation ;</li> <li>b) le stockage et la récupération ;</li> <li>c) l'installation ;</li> <li>d) les programmes de renouvellement des outillages à durée de vie limitée ;</li> <li>e) la documentation sur les modifications de conception des outillages, notamment sur l'indice de modification technique du produit ;</li> <li>f) la modification des outillages et la révision de la documentation ;</li> <li>g) l'identification de l'outillage, par un numéro de série ou d'inventaire, de son état d'utilisation comme, en production, en réparation ou au rebut, de son propriétaire et de son emplacement.</li> </ul> <p>[...] L'organisme doit appliquer un système pour piloter ces activités pour tout travail qui est sous-traité.</p>	X	Ce point implique la mise en œuvre d'une surveillance de l'obsolescence des moyens et de leurs pièces de rechanges. Ainsi que de règles de stockages particulières appliquées à ces dernières.
8.5.4.1	Préservation – Supplément	<p>La préservation doit inclure l'identification, la manipulation, la maîtrise de la contamination, l'emballage, le stockage, la transmission ou le transport et la protection.</p> <p>La préservation doit s'appliquer aux matériaux, pièces fournis par des prestataires externes ou non, depuis leur réception, tout au long des processus, incluant leur expédition et ceci jusqu'à la livraison / acceptation par le client.</p> <p>Afin de pouvoir détecter toute détérioration, l'organisme doit évaluer à une fréquence définie et adaptée les conditions de stockage des produits, le lieu / type des containers de stockage et l'environnement de stockage,</p> <p>L'organisme doit utiliser un système de gestion des stocks permettant d'optimiser les stocks dans le temps et d'assurer leur rotation, par exemple le système du premier entré - premier sorti (FIFO).</p> <p>L'organisme doit assurer que des produits obsolètes sont assimilés à des produits non conformes et sont maîtrisés de la même manière.</p> <p>Les organismes doivent respecter les exigences de leurs clients en matière de préservation, de conditionnement, d'expédition et d'étiquetage.</p>	X	Cet élément insiste sur le maintien en bonnes conditions, peu importe la durée, du produit et de son packaging. On comprend ainsi, qu'il faudra prendre en compte ces éléments dans les stockages long termes.
8.5.6.1	Maîtrise des modifications – Supplément	<p>L'organisme doit avoir un processus documenté pour maîtriser et réagir aux modifications ayant un impact sur la réalisation du produit. Les effets de tout changement, incluant les changements causés par l'organisme, le client ou un fournisseur, doivent être évalués.</p> <p>L'organisme doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) définir les activités de vérification et de validation pour assurer la conformité avec les exigences du client ;</li> <li>b) valider les modifications avant leur mise en œuvre ;</li> <li>c) documenter les preuves de l'analyse de risques ;</li> <li>d) conserver les enregistrements des vérifications et de validations.</li> </ul> <p>Les modifications, incluant celles qui sont faites chez les fournisseurs, devraient exiger une vérification par un essai de production (pour des modifications telles que les modifications de la conception de la pièce, le lieu de fabrication, ou d'un processus de fabrication). Ceci pour valider l'impact des changements sur le processus de fabrication.</p> <p>Quand exigé par le client l'organisme doit :</p>	X	La maîtrise des modifications, ainsi que celle des changements de sources d'approvisionnement, comme cela peut être le cas consécutivement à une obsolescence, doit être mise sous contrôle dans le cadre du système de management de la qualité. On comprendra également, que toutes actions de remédiations internes devront faire l'objet d'une mise sous contrôle et en fonction des cas, d'une demande d'autorisation auprès du client.



	<p>e) informer le client de toutes les modifications prévues pour la réalisation du produit depuis la dernière homologation du produit ;</p> <p>f) obtenir une autorisation écrite avant l'application de la modification ;</p> <p>g) appliquer des exigences supplémentaires en matière de vérification et identification comme des essais de production et une nouvelle validation du produit.</p>			
8.6.4	<p>Vérification et acceptation de la conformité des produits et services fournis par des prestataires externes</p> <p>L'organisme doit avoir un processus permettant de s'assurer de la qualité des processus, des produits et des services fournis par des prestataires externes en utilisant une ou plusieurs des méthodes suivantes :</p> <p>a) réception et évaluation des données statistiques communiquées par le fournisseur à l'organisme ;</p> <p>b) contrôles et/ou essais à la réception, par exemple échantillonnages fondés sur la performance ;</p> <p>c) évaluations par une seconde ou tierce partie, ou audits des sites des fournisseurs, lorsqu'ils sont accompagnés d'enregistrements de conformité aux exigences du produit livrés acceptables ;</p> <p>d) évaluation des pièces par un laboratoire désigné ;</p> <p>e) toute autre méthode convenue avec le client.</p>	X		L'utilisation de prestataires externes est une possibilité en management de l'obsolescence, que ce soit dans le cadre de recherche de stock existant, d'alternative ou encore de répartition. Suivant l'application de la norme, des coûts d'audit et d'analyse par des laboratoires certifiés (interne ou externe) sont à prévoir.
8.6.5	<p>Conformité aux exigences légales et réglementaires</p> <p>Avant de libérer l'entrée des produits fournis par des prestataires externes dans son flux de production, l'organisme doit confirmer et être capable de fournir la preuve que les processus, produits et services fournis par des prestataires externes sont conformes aux dernières exigences légales et réglementaires et autres exigences applicables dans les pays dans lesquels ils sont fabriqués et dans les pays de destination identifiés par le client, si l'information est fournie.</p>	X		La conformité légale peut poser problème pour des produits stockés depuis plusieurs années. En effet, ces règles évoluent, il sera donc important de veiller à ne pas générer d'obsolescence "légale" par la mise sur le marché de produit issu de sources désormais "interdite". Pour citer une situation actuelle, les produits issus de l'Iran ne peuvent être livrés à des clients américains.
8.6.6	<p>Critères d'acceptation</p> <p>Les critères d'acceptation doivent être définis par l'organisme et, quand cela est approprié ou exigé, approuvés par le client. Pour les contrôles d'échantillon par attribut, le niveau d'acceptation doit être à zéro défaut</p>	X		Peu importe le processus de fabrication, ou l'âge des composants ou moyens utilisés, les fabrications doivent garantir le zéro défaut. Il sera donc important de déployer les moyens nécessaires à ce résultat, peu importe le cycle de vie du produit, du moyen et des composants. De même pour la livraison de produits finis stockés en attente de livraison qui devront rester en parfaite condition vis à vis de l'exigence client.
8.7.1.5	<p>Maîtrise du produit réparé</p> <p>L'organisme doit utiliser une méthode d'analyse des risques pour évaluer les risques du processus de réparation avant de prendre la décision de réparer le produit. L'organisme doit obtenir l'approbation du client avant de commencer à réparer le produit.</p> <p>L'organisme doit avoir un processus documenté pour l'acceptation des réparations en accord avec le plan de surveillance ou de toute autre information documentée pertinente.</p> <p>Les instructions pour le démontage ou les réparations, y compris les exigences de réinspection et de traçabilité doivent être accessibles et utilisées par le personnel concerné.</p> <p>L'organisme doit obtenir une autorisation documentée du client pour une dérogation pour que le produit soit réparé</p> <p>L'organisme doit conserver des informations documentées sur les dispositions prises pour réparer le produit, y compris la quantité de pièces réparées, les dispositions prises pour la réparation, la date des dispositions prises pour la réparation et les données de traçabilité applicables.</p>	X		Cette exigence s'applique à la remédiation d'après-vente, qui suppose la réparation de produit à partir de composant issu du marché de l'après-vente. On comprend donc que cette remédiation ne peut se mettre en place sans autorisation expresse du client.

Tableau 5 – Analyse des exigences pertinentes de la norme IATF 16949 pour la mise en place d'un système de management de l'obsolescence



## 2.7 Les méthodes supports au management de l'obsolescence.

Il existe aujourd'hui de nombreuses sociétés qui ont pour but de supporter le management de l'obsolescence. Celles-ci interviennent en fonction de leurs spécialités à différentes étapes du cycle de vie. Les quelques exemples présentés ci-après sont illustrés dans la Figure 16, puis décrits de manières plus détaillées dans les sous-sections. Figure 16 – Représentation des solutions supports représentées sur un cycle de vie.

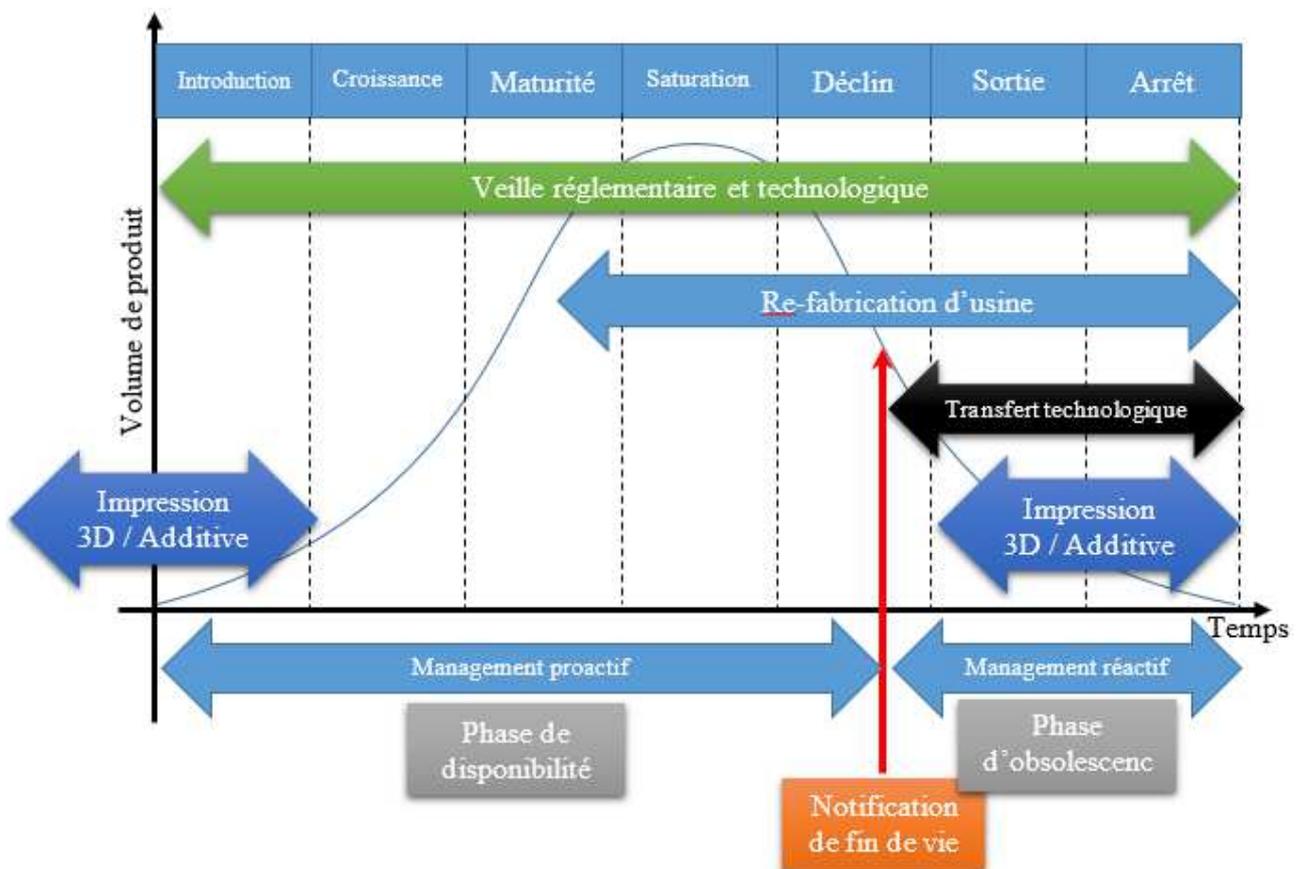


Figure 16 – Représentation des solutions supports représentées sur un cycle de vie.

### 2.7.1 Veille technologique des composants électroniques

La veille technologique s'apparente à l'analyse prédictive de cycle de vie. Cette analyse, qui est basée sur des algorithmes de prédiction (Bartels, et al. 2012) (Sandborn, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Forecasting technology and part obsolescence 2017); (Henke et Lai 1997) et une base de données dynamique (Silicon expert 2018), vise à prédire l'état d'avancée dans le cycle de vie se trouve un composant précis.

Ces algorithmes, principalement développés sous la direction de Peter Sandbom (Pecht, et al. 2002) (Sandborn, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Forecasting technology

and part obsolescence 2017), au sein de CALCE (Electronic Products and Systems Center University of Maryland Obsolescence/Technology Insertion), s'appuient sur des analyses de Monté Carlo.

En principe, les méthodes de Monte Carlo peuvent être utilisées pour résoudre tout problème ayant une interprétation probabiliste. Lorsque la distribution de probabilité de la variable est paramétrée, on utilise souvent un échantillonneur à chaîne de Markov (MCMC) (Hastings 1970) (Liu, Liang et Wong 2000) (Martino et Read 2013).

Ainsi, des sociétés supports, proposent aux sociétés utilisatrices de leurs transmettre leurs nomenclatures appelées BOM (Bill of Material) ainsi que leurs listes des sources d'approvisionnement AML (Approved Manufacturing List).

Le but principal de ce genre d'entreprise est de permettre aux utilisateurs de meilleures décisions de sélection de composants en prévoyant des années à la fin de votre vie à l'aide d'algorithmes de cycle de vie avancés. Pour exemple, SiliconExpert s'est associé à CALCE de l'Université du Maryland pour créer des algorithmes permettant de prévoir avec précision l'obsolescence de milliards de composants électroniques. Ces algorithmes de prédictions s'appuient sur les travaux du Pr Peter SANDBORN.

Les services de ces sociétés sont illustrés dans la Figure 17.

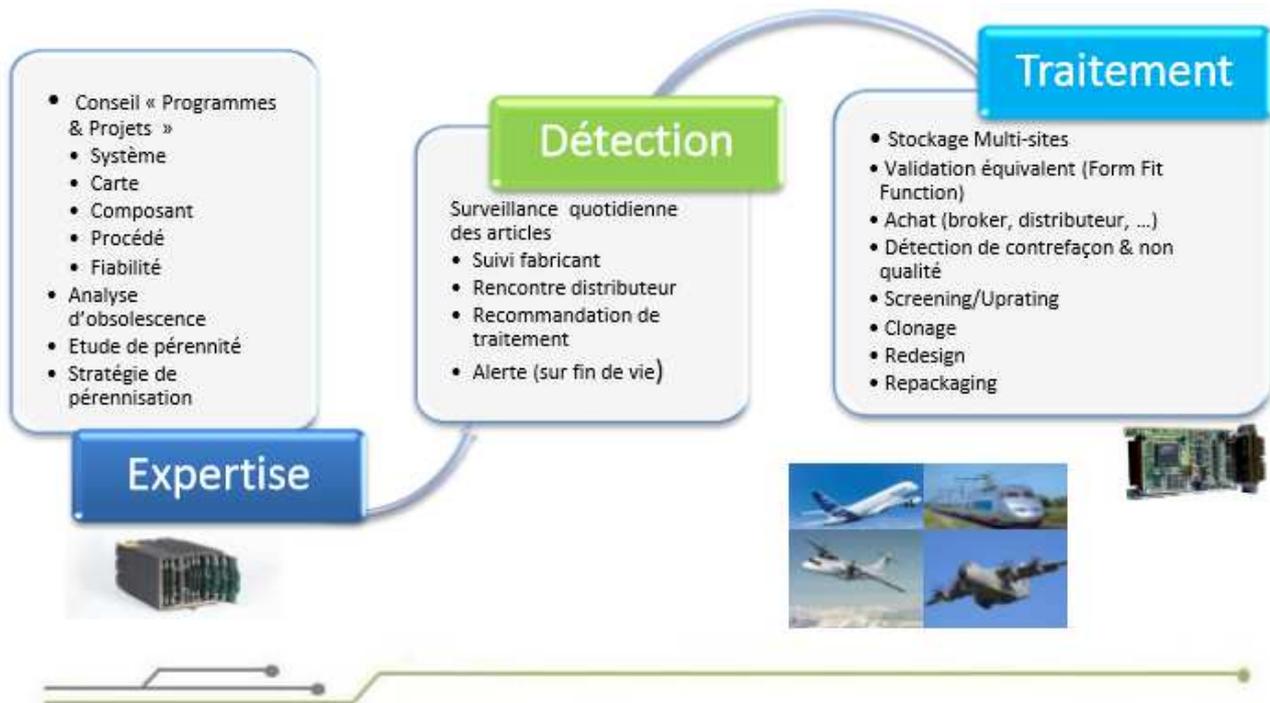


Figure 17 – « OBSOGÉRANCE » Serma technologies

La mise en œuvre de ce type de service permet principalement d'externaliser la veille, qui est chronophage est d'obtenir un tri des PCN et PDN annoncés sur le marché et ceux uniquement pour les composants actifs dans les nomenclatures. Dans le cadre d'un management de



l'obsolescence, dès la conception, on pourra influencer le choix des composants, ce type de société de veille propose l'accès à des services de profils du cycle de vie. C'est-à-dire que chaque composant ou famille de composant est placé sur une courbe de cycle de vie, visant à déterminer si le produit risque d'être très prochainement sorti des catalogues ou au contraire si celui-ci est considéré comme émergent. Enfin d'un point de vue réglementaire, ces bases permettent instantanément d'obtenir les détails pour établir la conformité aux réglementations RoHS<sup>8</sup>/REACH<sup>9</sup>. Sur l'ensemble de ces points, la société Silicon Expert, par exemple, indique couvrir plus de 1 milliard de références de composants électroniques.

## 2.7.2 Veille réglementaire

Comme décrite par (Watts 2015), la veille réglementaire dans les domaines de la santé-sécurité au travail et de l'environnement est un enjeu majeur pour les entreprises et les organisations, en particulier celles qui sont certifiées ou en voie de l'être selon les référentiels ISO 14001 et OHSAS 18001, mais aussi ISO 50001. C'est une activité qui doit permettre de construire pas à pas un système de veille efficace et adapté. Pour cela il faudra comprendre en quoi consiste la veille, structurer le processus, puis construire et faire vivre la base initiale (sources de veille et corpus réglementaire). Une connaissance parfaite des parties prenantes est indispensable pour repérer et identifier les évolutions réglementaires applicables et correctement analyser les textes et évaluer la conformité de son organisation au regard des exigences identifiées.

La veille réglementaire est une activité d'anticipation des réglementations nationales ou internationales susceptibles d'avoir une influence sur les activités ou la stratégie de l'entreprise. Elle constitue également une modalité de la veille juridique, plus vaste qui suit non seulement les réglementations mais également l'application de la norme à travers les multiples jurisprudences issues des autorités juridictionnelles sans oublier les travaux d'interprétation de la doctrine établie par les praticiens et experts que ce soit en droit ou de manières plus expertes au travers des normes et standards métier.

La mise en place d'une veille réglementaire permettra par exemple, l'anticipation de l'adoption d'une nouvelle loi, la pénétration en toute légalité des marchés étrangers soumis à des règles nationales contraignantes

## 2.7.3 Fabrication alternative

### 2.7.3.1 La re-fabrication d'usine

---

<sup>8</sup> La Directive européenne RoHS (2002/95/CE) (Restriction of hazardous substances in electrical and electronic equipments) vise à limiter l'utilisation de six substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques. Ces 6 substances sont le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome hexavalent, les polybromobiphényles (PBB), et les polybromodiphényléthers (PBDE). Les concentrations maximales de ces substances dangereuses sont de 0,1 % par unité de poids de matériau homogène, sauf pour le cadmium où la limite est de 0,01 %

<sup>9</sup> REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) est un règlement européen (règlement n°1907/2006) entré en vigueur en 2007 pour sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne. Il s'agit de recenser, d'évaluer et de contrôler les substances chimiques fabriquées, importées, mises sur le marché européen. Au 31 mai 2018, déjà plus de 20 000 substances chimiques sont connues et leurs risques potentiels établis.



Lorsque on parle de remédiation « après-vente », on entend « refabrication » appelée plus souvent « remanufacturing » consiste à restaurer les ensembles endommagés dans un état fonctionnel «comme neuf» en reconstruisant et en remplaçant leurs composants (Ijomah, Bennett et Pearce 1999). Le « remanufacturing » est un procédé permettant de maintenir un parc actif tout en limitant la dépendance à la totalité de la nomenclature. Ce procédé est principalement adapté à l'ensemble dans lequel une part du système s'use alors que le reste du système reste dans des conditions d'utilisation acceptable. Le produit fera alors l'objet d'une rénovation lui permettant de retrouver les caractéristiques d'un produit sorti d'usine, ou tout au moins des caractéristiques techniques très approchant. Ce procédé est illustré par la Figure 18 qui présente cette activité sur les alternateurs chez ShinEtsu-Denso.

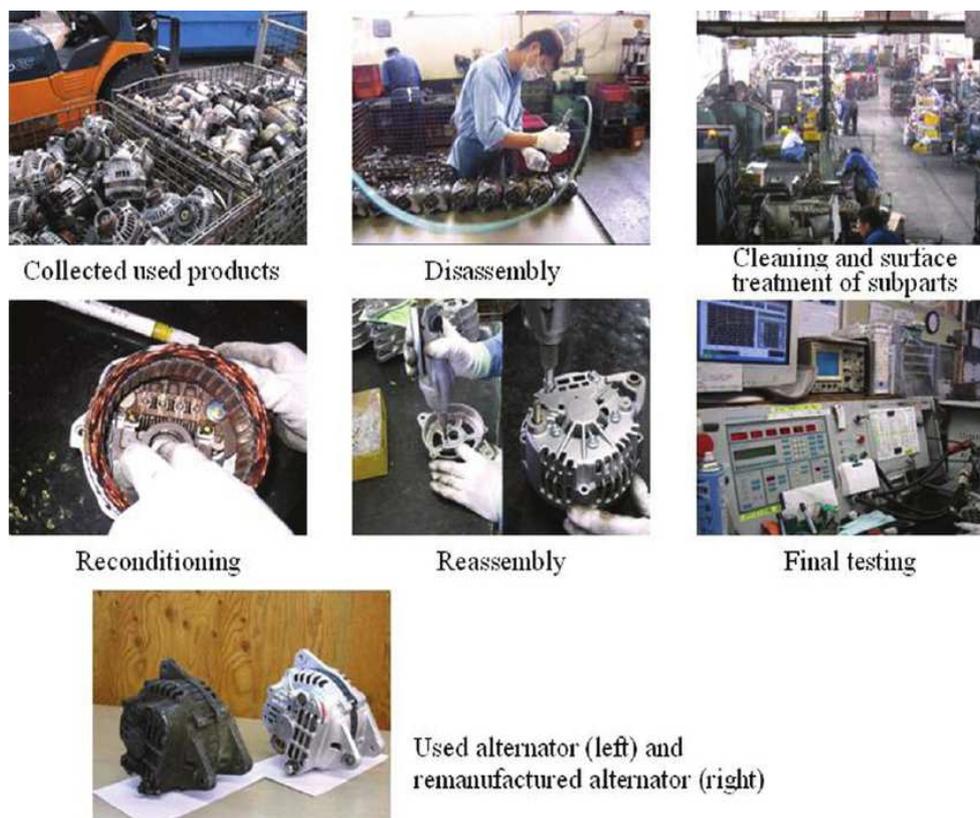


Figure 18 – Process de “remanufacturing” des alternateurs (Shin-Etsu Denso Co., Ltd.)

Environ 50% des démarreurs d'origine sont récupérés lors du processus de reconditionnement (Automotive Parts Remanufacturers Association 2018). Cela peut permettre aux États-Unis de réaliser des économies annuelles de 8,2 millions de gallons de pétrole brut provenant de la fabrication de l'acier, de 51 500 tonnes de minerai de fer et de 6 000 tonnes de cuivre et d'autres métaux. Les moteurs remis à neuf nécessitent 50% de l'énergie et 67% de la main-d'œuvre nécessaire à la production de nouveaux moteurs (Liptak 1995).

Des études menées par l'Institut Fraunhofer de Stuttgart (Steinhilper 1998), en Allemagne, ont également démontré les économies d'énergie annuelles réalisées par le reconditionnement dans le monde correspondent à l'électricité produite par cinq centrales nucléaires ou à 10 774 000 barils de pétrole brut, ce qui correspond à un parc de 233 pétroliers. Avec un prix moyen du baril en 2018 à 50€ (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole 2018), l'économie annuelle atteint



sur cette seule application les 539 millions d'euros par an. Les matériaux bruts économisés chaque année grâce au ré-usinage dans le monde entier serviraient à remplir 155 000 wagons de chemin de fer, formant un train long de 1 100 km, soit approximativement le trajet Lille-Perpignan.

Pour Valeo, ce procédé est déjà très utilisé. La société étant l'un des leaders en systèmes électriques, 1 voiture sur 3 est équipée d'un démarreur ou d'un alternateur de sa marque. Pour ce qui est des alternateurs, ce procédé est utilisé depuis plus de 35 ans. Valeo (VALEO 2019) est d'ailleurs le principal partenaire de la plupart des constructeurs automobiles du groupe O.E.S. pour démarreurs et alternateurs reconditionnés.

Nous effectuons plus de 40 tests au cours du processus de production pour certifier la qualité et la durabilité. Toutes les unités sont testées à la fin de la chaîne de production.

Valeo estime qu'une unité est reconditionnée chaque minute dans ses usines, soit 525 600 par an.

Les démarreurs et alternateurs « remanufacturés » de Valeo offrent des performances équivalentes à O.E. Le procédé s'apparentant pour sa part à la remise à neuf de haute qualité sont basés sur les exigences des OEM, plus qu'à une simple réparation.

Le procédé de « remanufacturing » est tout de même limité à la collecte de produit retiré du marché, et donc à un stockage de ceux-ci en vue d'une réparation (Matsumoto et Umeda 2011). ShinEstuDenso, pour supporter son activité de reprise, doit collecter les produits usagés, et par conséquent achète et stocke en permanence des produits usagés auprès d'entreprises de démontage automobile. Il estime à environ 300 000 produits usagés, le nombre d'article en attente. De plus, n'ayant aucune garantie que cette collecte pourra être transformée, il sera important d'inclure ces risques et frais dans le calcul d'hypothèse de remédiation.

### 2.7.3.2 La re-fabrication par transfert de technologie

Cette partie de re-fabrication ne s'apparente pas à une réparation. Ces activités, souvent externalisées chez des sociétés spécialisées. Les fabricants tentent de se remettre de l'obsolescence en optant pour la solution la moins chère. En règle générale, il s'agit d'une substitution par une pièce de rechange ou d'une LTB, qui ne nécessite pas de nouvelle conception, n'affecte pas les logiciels et nécessite une requalification minimale. La prévision des quantités de LTB présente des difficultés et des limitations inhérentes. Quand une LTB s'avère trop tardive, être trop petite et que l'option LTB n'est plus disponible, il est nécessaire de sécuriser des composants de rechange. Si tel est le cas, certaines options peuvent encore être disponibles avant de recourir à des mesures plus coûteuses.

Les fabricants transfèrent parfois l'intégralité de la propriété intellectuelle (PI) et de l'outillage d'un composant obsolète à un fournisseur de pièces de rechange ou de désactivation avec lequel ils ont passé un accord. Rochester Electronics et Lansdale Electronics font partie des exemples de fournisseurs désactivés. Ces entreprises sont en mesure de reconstruire de petits lots, plus de 3000 références de composants pour lesquels elles ont les droits. En Figure 19, un exemple du CDP1826CE sorti en 1997, initialement fabriqué par Intersil, actuellement disponible auprès Rochester.



Figure 19 – Exemple d'un composant sous licence

La DMEA (Defense Microelectronics Activity) a mis en place le programme de fabrication de matériel de fabrication reconfigurable avancée pour les semi-conducteurs afin de reprendre des informations obsolètes sur la fabrication des composants et de poursuivre la production grâce à un partenariat public / privé avec des fonderies commerciales. Le prix est généralement plusieurs fois supérieur à celui de l'original et est soumis à une quantité minimum de commande élevée, mais ces sociétés répondent à un besoin du marché, généralement destiné uniquement aux clients des services militaires. En règle générale, seuls les composants de faible technologie sont disponibles de cette manière, car les lignes n'existent pas pour les composants de technologie submicronique.

Une deuxième approche est l'ingénierie inverse et l'émulation. Une entreprise spécialisée dans ce domaine est le programme d'émulation généralisée de microcircuits opéré par SRI, à l'origine un produit dérivé du DMEA (Peters 1993). Cette technique s'applique principalement aux composants à faible technologie et intéresse plus particulièrement les clients militaires car leur produit est qualifié Liste des fabricants qualifiés. Un certain succès a été rapporté sur l'utilisation de l'émulation pour exécuter l'image binaire inchangée sur du nouveau matériel (Carayon 2007). Les processeurs peuvent être émulés à l'aide de FPGA qui conserve la base de code d'origine (Abate et Violante s.d.).

Certaines sociétés se spécialisent dans la reproduction de processeurs obsolètes (par exemple, Innovasic), binaires réutilisables et à la précision du cycle. Toutes ces techniques d'émulation entraînent des coûts importants de réingénierie et doivent être comparées à l'option de reconception afin d'établir une faisabilité technique et économique.

Un réseau de courtiers en composants existe, principalement en Chine. Ces courtiers spéculent en rachetant des stocks de composants bientôt obsolètes dans l'espoir de les revendre avec un profit élevé. Les acheteurs de sociétés d'équipement recherchent souvent des pièces supplémentaires auprès de ces courtiers, alors que la LTB établie en raison de l'obsolescence initiale s'est révélée insuffisante. Cette stratégie n'est pas sans risque car la provenance et l'emplacement de l'origine et de la qualité font souvent défaut, et beaucoup se sont avérés être utilisés ou contrefaits (Bastia 2002) (Livingston 2007) (Stradley et Karraker 2006).

Bien que le LTB ou la recherche de sources alternatives se révèle souvent être la solution la moins coûteuse, il est difficile d'en être certain sans une analyse au moins rudimentaire des coûts des différentes options. Les fournisseurs d'équipement doivent considérer que l'obsolescence finira par se reproduire et nécessitera une récupération ultérieure.

### 2.7.3.3 Les méthodes de fabrications par impressions

La première imprimante 3D de Ford, achetée en 1988, a ouvert la voie aux 90 imprimantes 3D actuellement installées de la société et utilisées dans les opérations internationales. Les applications vont des pièces de rechange pour ses propres lignes de production aux pièces de freins imprimées en 3D pour la Shelby Mustang GT500 2019. Dernièrement, Ford a annoncé un investissement de 45 millions de dollars dans son centre de fabrication de pointe abritant 23 imprimantes 3D.

Bien que les plus grands fabricants de véhicules utilisent depuis longtemps des imprimantes 3D, cet avantage est considéré comme un avantage concurrentiel, les cas d'utilisation détaillés étant relativement rares. Ce voile de secret commence à se dissiper, à mesure que la technologie devient



plus omniprésente et de plus en plus reconnue dans les environnements de production et se transforme en un argument de vente en soi. Présenté en Figure 20, un cas d'application sur des pièces de carrosseries.



Figure 20 – Carrosserie de marque « Local Motors » fabriquée par impression 3D

BMW a récemment annoncé avoir imprimé en 3D son millionième composant en série depuis 2010, après avoir travaillé avec la fabrication additive depuis 1990 à des fins de prototypage et de développement. Ce millionième élément, un rail de guidage de fenêtre pour la BMW i8 Roadster, a été créé à l'aide de la technologie HP Multi Jet Fusion ; jusqu'à 100 de ces pièces peuvent être produites en 24 heures. C'est la preuve que cette flexibilité peut représenter une vraie solution de remédiation de l'obsolescence.

Volkswagen se concentre également sur l'amélioration des opérations d'impression 3D. Les imprimantes 3D de bureau étant l'un des piliers de la création d'outils, de gabarits et de montages, les machines plus grandes intègrent désormais l'impression 3D métallique dans la production de pièces finales. La société a annoncé des travaux sur les composants métalliques avec les technologies HP pour la production en série et les industries additives pour l'outillage avancé et les pièces détachées.

Tel que déclaré par le Dr Martin Goede, responsable de la planification technologique chez Volkswagen, « un véhicule complet ne sera probablement pas fabriqué par une imprimante 3D dans un proche avenir, mais le nombre et la taille des pièces de l'imprimante 3D augmente de manière significative. L'objectif est d'intégrer le plus rapidement possible les pièces structurelles imprimées dans la prochaine génération de véhicules. »

Bugatti, Chrysler, GM, Honda, Kia, Porsche, Toyota - la liste est longue, les constructeurs automobiles traditionnels adoptant l'impression 3D. L'année dernière, Daimler a annoncé un programme de pièces de rechange pour les pièces de rechange en plastique pour impression 3D de son activité Daimler Trucks North America, ainsi qu'un programme d'impression 3D en

métal pour ses activités de camions Mercedes-Benz. Audi, fort d'une longue expérience dans l'impression 3D, a créé un centre de compétences pour l'impression 3D en novembre 2016 et a continué d'investir dans la technologie, notamment par le biais d'un partenariat axé sur le métal avec EOS.

Avec des millions de pièces déjà imprimées et utilisées en 3D, l'industrie automobile devrait continuer à accélérer le rythme de son adoption. La voie à suivre est claire pour davantage d'impression 3D automobile car cette technologie constitue à la fois un avantage concurrentiel et, de plus en plus, nécessaire pour faire face à la concurrence pour permettre la fabrication de très petite série.



Figure 21 – Fabrication additive – connecteur du circuit de refroidissement, Audi W12

## 2.8 O/DMSMS et LTS (Long term stock)

Prenant en compte le contexte présenté en introduction, et confronté à la Diminution du nombre de sources de matériaux et au problème de pénurie de matériaux (DMSMS) (Zolghadri, et al. 2018), les OEMs traitent quotidiennement les problèmes de casse et de fin de vie des composants tout en minimisant leur impact et en s'assurant que leur client ou l'utilisateur ne souffre d'aucun dérangement. Ces problèmes apparaissent le plus souvent dans la phase de déclin, mais nous observons de tels cas dans la croissance et la maturité et même dans la phase d'introduction en raison de DMSMS. De nombreux auteurs s'accordent à dire que la cause fondamentale des problèmes d'obsolescence est le décalage entre le système et les cycles de vie des composants ou des pièces (Zolghadri, et al. 2018) (Bartels, et al. 2012) (J. W. Tomczykowski 2003). La résolution par une refonte ou une alternative est plus favorable lors de la croissance en volume mais largement défavorable en termes d'image OEM car la validation du constructeur automobile est nécessaire. Les fournisseurs de l'équipementier ne sont pas la seule source de perturbation. Les changements apportés aux normes et aux règlements



peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques des produits et des procédés. En outre, les variations des besoins, tant à la hausse qu'à la baisse, génèrent des tensions dans la chaîne d'approvisionnement. Selon Sandborn et al (Sandborn, Mauro et Knox 2007), Romero Rojo et al (Romero Rojo, Roy et Shehab 2010), les solutions curatives possibles aux sources décroissantes sont : Après-vente autorisé, Émulation, Restructuration mineure, Restructuration majeure, Alternative, Équivalent, Stock existant, Dernier achat et Cannibalisation. Cependant, dans tous les cas, il est crucial pour la fiabilité du procédé et des produits, de vérifier la cohérence des nouvelles conditions d'achat et des temps de stockage avec les recommandations et la garantie du fabricant (Baker 2013). Une autre question devrait être d'éviter la "présomption d'obsolescence planifiée". Si la durée de stockage prévue dépasse ces recommandations et que l'entreprise néglige ces éléments, la mise sur le marché des composants dégradés, pourrait être liée à une volonté de limiter la vie du produit. D'un point de vue opérationnel, pour un stockage à long terme (LTS), les responsables logistiques doivent déterminer les conditions de stockage à mettre en place, pour les comparer avec les conditions d'élimination. Ils doivent, au besoin, quantifier l'investissement requis, le coût d'utilisation et le taux de succès/risque associé à ce LTS.

Cette analyse est déterminante dans l'analyse des solutions de remédiation permettant aux décideurs d'avoir tous les éléments chiffrés en leur possession. Dans tous les cas, la solution la plus opérationnelle pour les OEM est le stockage à long terme des pièces des modules vendus.

Il existe différents standards dont le but est de définir les durées et les conditions de stockages à appliquer. Ceux-ci ne sont pas rédigés sous forme de norme « contraignante » mais de guide d'application dont la définition des exigences et la garantie de résultat n'offre aucune garantie à 100% car basé sur des retours d'expériences déclaratifs des membres du comité de normalisation.

Le guide de mise en œuvre du stockage de longue durée, UTE C 96029 propose une liste de recommandation pour des articles électroniques uniquement et pour des périodes excédant les 5 ans. Il est proposé de l'associer au guide dédié au dimensionnement des stocks pour les activités de support: UTE C96029-1, qui proposera un pourcentage de perte en fonction de la durée et du type de composant. Ces guides se déclarent comme un « résumé des pratiques existantes dans l'industrie ». On y distingue deux stratégies de stockage:

- Stockage préventif anticipant la déclaration d'obsolescence.
- Stockage correctif dès que les composants ne sont plus commercialisés.

Le document comprend les critères de décision de stockage, le processus d'achat et l'approvisionnement en composants, la validation technique des composants, la vérification périodique des composants, le déstockage. On comprendra que le stockage nécessite une parfaite maîtrise du processus mis en œuvre, et en particulier de l'environnement de stockage, bien que cette maîtrise devienne critique pour le stockage à long terme (LTS).

En le liant au « *last buy order* », le stockage y est présenté comme « la solution pour atténuer l'obsolescence des articles électroniques ».

L'autre grand standard est la IEC 62435-1:2017 "Electronic components - Long-term storage of electronic semiconductor devices". Cette norme est très inspirée de la première. Sur le même modèle que l'UTE C 96029, on y retrouve les rubriques achat d'articles à stocker, acceptation des articles à stocker, méthodes d'emballage et de stockage (conditions environnementales du stock, unité de stockage de base,), vérification périodique des composants et enfin déstockage.

Ce dernier nous apporte des éléments importants sur les notions de packagings, qui doit être considéré comme un élément à stocker. Et que cet élément peut lui-même dégrader les composants et être périssable. Il apporte une nouvelle grille de lecture en considérant les conditions environnementales du stock. Ce point s'avérant crucial d'un LTS réussi. La maîtrise des conditions environnementales n'y est pas chiffrée, mais compte tenu des éléments matériel à mettre en place, on



comprend que nous touchons la source principale de dépense de fonctionnement (c'est-à-dire juste après les frais d'acquisition de la matière en LBO). Ces équipements ne devront pas faillir, et pour ce faire ils doivent être surveillés et maintenus en bonne condition, sous peine de perdre la totalité du stock composant et de devoir, de nouveau, remédier à l'obsolescence. On comprendra, qu'un LTS peut s'avérer très coûteux, surtout dans des conditions de stockage spécifiques (température, sans poussière, etc.) (Gao, Liu et Wang 2011).

Il est également nécessaire de réfléchir un LTS adapté au contexte automobile, ne serait-ce qu'en ce qui concerne la combinaison de matériaux spécifiques et la durée de stockage (de 2 à 20 ans) et certainement les volumes exceptionnels représentés. Le calcul de l'inventaire est effectué en tenant compte du volume global et du coût standard (y compris le coût des pièces, le taux d'actualisation, le coût standard de stockage et la perte de stockage) ou consécutif à une quantité minimale de commande de matière première bien supérieure à la consommation annuelle. Aucun outil ou travaux n'a permis de confirmer la faisabilité ou d'optimiser l'emplacement en fonction du coût du stockage dans une perspective globale. Il nous paraît donc judicieux de travailler sur un modèle où une formulation est orientée vers l'optimisation dans une liste d'entrepôts.

## 2.9 Normes et Standards spécifique à la gestion de l'O/DMSMS

L'évaluation des risques liés à l'obsolescence est essentielle pour gérer efficacement l'obsolescence. Le Tableau 6 propose le récapitulatif des normes et standard applicable. Bien qu'il y ait les normes existantes pour gérer l'obsolescence, telles que le JSP886 Vol. 7 Partie 8.13, manuel logistique de la défense du royaume uni et IEC 62402:2007, aucun d'entre eux ne définit explicitement un processus permettant d'évaluer le risque d'obsolescence pouvant être résolu. Ces documents présentent les meilleures pratiques en matière d'évaluation du risque d'obsolescence sur la base d'une étude réalisée au sein du groupe de travail mixte sur la gestion de l'obsolescence Membres (JOMWG) au Royaume-Uni, ainsi que des participants du Réduction des sources de fabrication et des pénuries de matières (DMSMS) qui produira le guide applicatif SD-22 qui oriente au sein des Etats-Unis, les industriels et fournisseurs du secteur militaire ayant pour client par exemple la Defence Logistics Agency (DLA) ou la NAVSEA (Naval Sea Systems Command).

En Europe, le STANAG 4597, est en fait, une référence de l'IEC 62402. Il supporte la mise en place d'une gestion de l'obsolescence dans l'Alliance de l'Atlantique Nord et définit la norme CEI 62402 comme un cadre international relatif à l'application de gestion de l'obsolescence pour l'exécution, la conception et la réalisation de systèmes et d'équipements de défense programmés. La norme CEI 62402 est une norme pour le travail de l'industrie. Le STANAG 4597 est un document destiné à la mise en œuvre de la gestion de l'obsolescence dans la planification et le travail de projet des forces armées.

Pour ce qui est de la CEI 62402: 2007, il manque des facteurs de risques détaillés des cas d'obsolescence possibles, qui permettraient une meilleure progression de l'analyse. Celle-ci serait en effet, plus précise en terme de risque et d'évaluation dans le contexte du plan de gestion de l'obsolescence. A noter que dans cette norme, le terme obsolescence désigne uniquement les produits qui ne sont plus commercialisés. Cette définition diffère du sens que nous donnons à ces mêmes termes. D'autre part, il manque un plan de gestion de l'obsolescence détaillé avec des descriptions du contenu d'informations pour une utilisation pratique dans la gestion de projet. Cette norme se réfère uniquement à la définition de la cible, à la proportion de la gestion des risques et à la détermination de la stratégie d'obsolescence. Il n'y est pas non plus fait présentation des tâches à accomplir pour assurer le suivi effectif de l'obsolescence, des responsabilités et des compétences manquantes. Dans le cadre d'achats ou de sous-traitance, cette norme ne comprend pas d'informations



détaillées sur le contenu requis concernant la gestion de l'obsolescence. Par exemple, le transfert des risques et les contrôles, assurant une gestion de l'obsolescence tout au long du cycle de vie des produits et le contrôle ou le traitement de l'obsolescence. Pour déterminer la stratégie de gestion de l'obsolescence appropriée, une liste des ressources essentielles est néanmoins proposée. Malgré tout, celle-ci n'indique pas les ressources personnelles et financières, les moyens techniques, la documentation nécessaire à la mise en œuvre efficace de la gestion de l'obsolescence.

Dans la RG.Aéro 000 78, norme spécifique « Recommandations Générales Aéronautiques » qui s'applique à définir les principes généraux de l'obsolescence pour la gestion des produits chimiques, des matériaux et des procédés, l'obsolescence, qui se trouve défini par deux aspects, (la transition de la disponibilité du fabricant d'origine à l'indisponibilité, et le passage permanent de l'opérabilité à la non-fonctionnalité pour des raisons externes.), est défini comme est un facteur de risque important pour une organisation et / ou une activité de programme tout au long de la décennie.

On y présente le cycle de vie complet des équipements et des systèmes et des recommandations qui proposent des lignes directrices, pour une organisation et / ou un programme, pour la mise en place d'un processus de gestion coordonné des risques d'obsolescence liés aux produits chimiques et leurs effets sur les produits, en particulier sur les matériaux, les procédés et les pièces mécaniques. Ce RG.Aéro souligne l'importance de la gestion de la chaîne d'approvisionnement et du partage de l'information. Les deux principaux axes sont l'optimisation de la structure vis-à-vis des actions menées par l'organisation et le partage des efforts entre différents programmes au sein d'une même organisation, voire entre plusieurs organisations. Ces recommandations proposent des lignes directrices pour ce qui relève de l'organisme. Elle insiste notamment sur la nécessité de formaliser la politique de gestion de l'obsolescence en définissant un processus de gestion de l'obsolescence. De celui-ci, on pourra alors déterminer une stratégie suivant la criticité de l'obsolescence. D'un point de vue maîtrise des connaissances, elle prévoit la tenue d'un document de référence sur les substances, les technologies, les procédés et les produits. Enfin, elle clôt le périmètre par la mise en place de surveillance et d'alerte et propose de contractualiser la gestion de l'obsolescence avec les tiers. Encore une fois, le terme obsolescence ne concernera que la fin de la mise sur le marché, excluant de fait un large périmètre de notre problématique.

IEC/TS 62239-1, ce document pour la gestion des périphériques est destiné aux utilisateurs et non aux fabricants de composants de l'avionique. Bien que les processus impliqués aient été développés pour l'électronique dans l'aviation, ils peuvent être partiellement transférés à d'autres produits. Plus une spécification technique qu'un standard, ce document définit les exigences relatives à l'élaboration d'un plan de gestion des composants électroniques afin de garantir aux clients que tous les composants électroniques de l'équipement propriétaire sont sélectionnés et appliqués dans des processus contrôlés compatibles avec l'application finale et que les exigences techniques sont respectées. Il contient l'application, la sélection, la qualification, l'assurance qualité, la fiabilité, les données, le contrôle et exigences administratives. L'intérêt de détourner cette norme dans la gestion de l'obsolescence est basée sur le fait qu'il s'agit d'une spécification technique complète pour détecter et minimiser les risques d'obsolescence des composants électroniques pour la planification ultérieure du traitement de l'obsolescence. Celle-ci peut présenter certains avantages, notamment pour l'assurance qualité et la disponibilité énumérés, qui contribuent à la sélection de composants électroniques et ainsi réduire les risques possibles d'obsolescence. En revanche, il n'y est fait mention d'aucune action proactive.

Application	Standard
	IEC 62402:2007 : Management de l'obsolescence guide d'application



Management de l'obsolescence	JSP886 Vol. 7 Part 8.13 The defence logistics support chain manual, integrated logistics support, Obsolescence management
	OTAN 4597 : Management de l'obsolescence
	US DoD, DMSMS Guidebook (SD-22)
	RG.Aéro 000 78 : General Principles of obsolescence Management of chemicals, materials and processes
Résolution de l'obsolescence	IEC TS 6239-1 : Process management for avionics – Management plan - Part 1: Preparation and maintenance of an electronic components management plan
	BS PD 6614:2002 : Obsolescence management - Guide to the substitution of components in electronic equipment
	UTE C 96029 : Long duration storage of electronic components guide for implementation
Risque lié à l'obsolescence	IEC 62668-1 : Process management for avionics – counterfeit prevention - Part 1: Avoiding the use of counterfeit, fraudulent and recycled electronic components
	IEC 62668-2 : Process management for avionics – counterfeit prevention - Part 2 : Managing electronic components from non-franchised sources
	Defense Standard 05-135 : Avoidance of Counterfeit Materiel

Tableau 6 – Standard applicable aux problématiques de l'obsolescence

## 2.10 La classification climatique servant à l'analyse du LTS

Tel que précédemment présentés dans la section concernant le stockage à long termes (LTS), les paramètres climatiques influent considérablement sur les propriétés de la matière. Ce faisant, et tel qu'il le sera présenté dans la contribution, il fut nécessaire d'appréhender les notions de climatologies, afin de répertorier les différents climats et d'en déterminer les propriétés. L'objectif suivant étant de trouver un support scientifique, déjà utilisé et prouvé, pour déterminer pour chaque emplacement dans le monde le paramètre de l'environnement local.

En lien avec les études climatologiques, nous décidons d'appliquer fondamentalement une classification climatique, telle qu'utilisée par les biologiques (Cramer et Allen 1993), qui suivent des types de végétalisation avec la même approche. Néanmoins, il existe de nombreuses classifications climatiques existantes, certaines relativement connues tel que Alisov, De Martonne, Trewartha, Holdridge, Thornthwaite, Troll & Paffen et KoppenGiegger (Oliver 2008), d'autres moins connues tel que Bagnouls et Gaussen (Bagnouls et Gaussen 1957) ou Blair (Blair 1942), il nous faut donc déterminer, laquelle sera la plus appropriée.

La surveillance du climat est principalement basée, soit directement par des mesures en station des caractéristiques climatiques (température de l'air en surface, précipitations, couverture nuageuse, etc.), soit sur certaines formes post-traitées de ces mesures, tels que les jeux de données maillés<sup>10</sup>. L'analyse des régimes climatiques peut être effectuée pour chaque variable climatique individuellement, ou les données peuvent être agrégées, par exemple, en utilisant une sorte de classification du climat qui intègre plusieurs caractéristiques. Ces classifications correspondent généralement à la distribution de la végétation, en ce sens que chaque type de climat est dominé par

<sup>10</sup> Un maillage est une grille non structurée qui contient usuellement des composantes temporelle ou d'autres types. La composante spatiale contient une collection de sommets, d'arêtes et de faces en 2D ou en 3D. Le principe des jeux de données maillés est présenté en Annexe G.



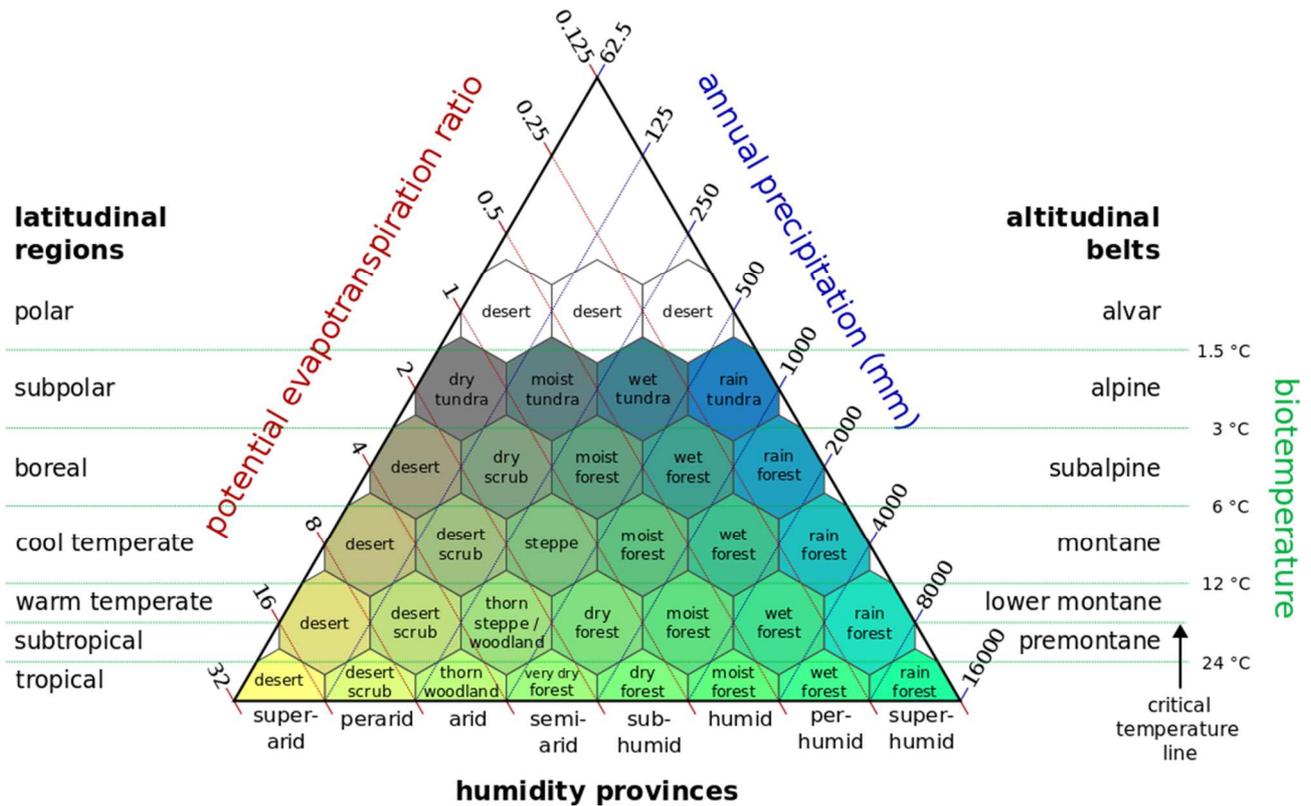
une zone de végétation ou éco-région (Köppen 1936), (Trewartha et Horn 1980), (Bailey 2009), (Baker, et al. 2010). Ainsi, les classifications de climat peuvent également représenter une solution commode, c'est-à-dire un outil intégré, mais encore assez simple pour la validation des modèles climatiques et pour l'analyse de simulations changements climatiques futurs.

La première classification quantitative du climat de la Terre a été développée par Wladimir Köppen en 1900 (Kottek, et al. 2006). Elle reste la plus utilisée, mais a toutefois été développée depuis, d'après l'approche originale de Köppen (W. P. Köppen 1923), (Köppen 1931), (W. Köppen 1936).

La première carte du monde numérique sur le principe de base de Köppen-Geiger, appliqué à la deuxième moitié du 20<sup>e</sup> siècle, a été publiée par Kottek et al. (Kottek, et al. 2006). Cette étude a utilisé la recherche climatique d'un ensemble de données (CRU) « TS2.1 » (Mitchell et Jones 2005) et les données de précipitation VASCLim0v1.1 (Deutscher Wetterdienst 2019) pour la période de 1951 à 2000. Avant cela, de nombreux manuels reproduisaient une copie d'un des documents historiques, les cartes dessinées à la main de Köppen (1923, 1931 ou 1936) ou (Geiger 1961). Ont suivi les travaux de (Kottek, et al. 2006), (Rubel et Kottek 2010) qui ont produit une série de cartes du monde numériques couvrant la période prolongée et prédictive de 1901–2100. Ces cartes sont basées sur le CRU « TS2.1 », sur les données du centre mondiale de climatologie des précipitations (GPCP version 4) et le modèle climatique mondial (GCM) qui pour la période 2003–2100 ont été prises à partir du jeu de données TYN SC 2.0 (Mitchell, et al. 2004). Une carte globale haute résolution de la classification de Köppen-Geiger, a également été produite par (Peel, Finlayson et McMahon 2007). Les variables climatiques utilisées pour la détermination des types de climat ont été calculés à l'aide des données de 4279 stations de la climatologie historique globale (Peterson et Vose 1997) et interpolé sur une grille de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ .

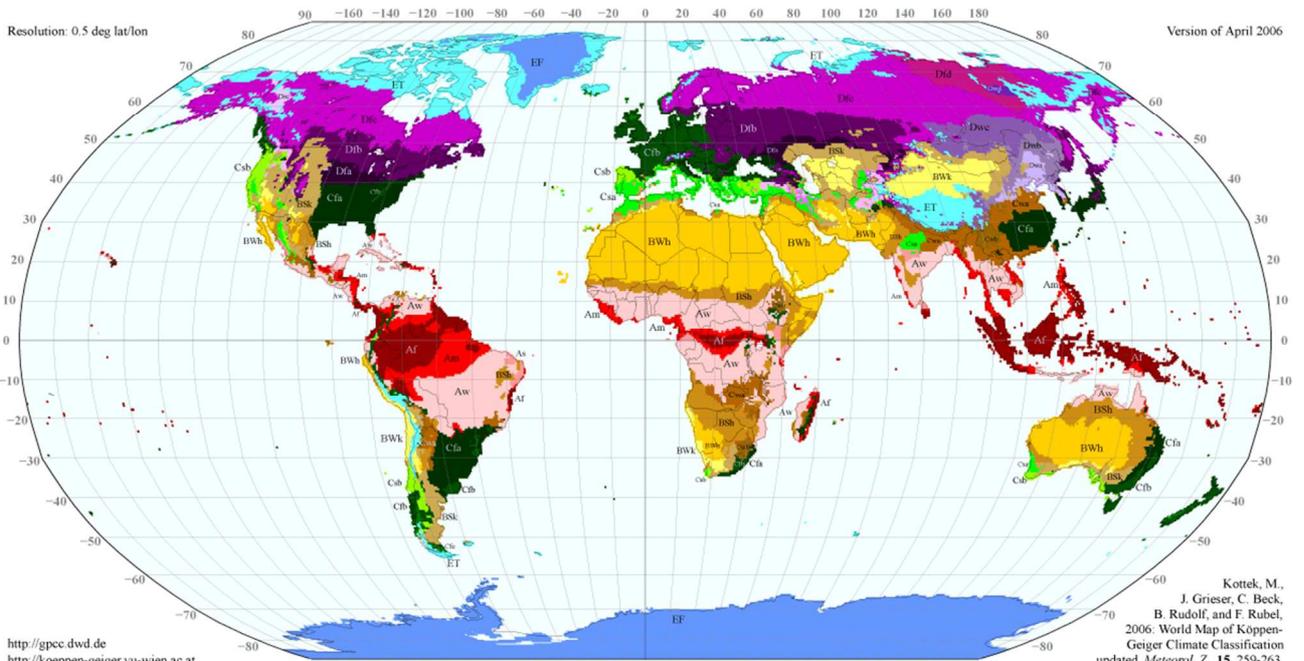
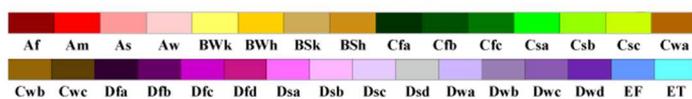
L'une des premières tentatives d'utilisation de la classification de climat de Köppen (KCC) pour valider les sorties du MCG (modèles de circulation générale) a été présenté par (Lohmann, et al. 1993). Les conditions climatiques observées seront représentées par les données de température de (Jones, Wigley et Farmer 1991) et de précipitations de (DR et CJ 1990).





### World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASCLIM v1.1 precipitation data 1951 to 2000



**Figure 23 – Classification climatique de Koppen (Oliver 2008)**



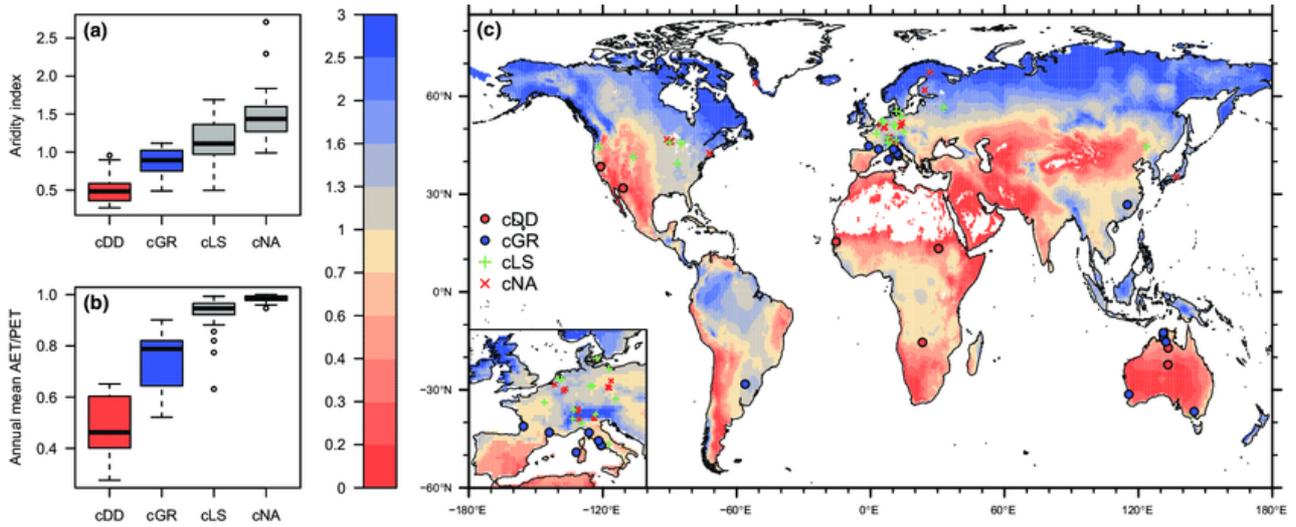


Figure 24 – Illustration de l'indice d'aridité sur une échelle mondiale (Oliver 2008)

## 2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tout d'abord décrit les différentes typologies d'obsolescence et intégré l'aspect des responsabilités entre usagers, fabricants et autorités politiques. Nous avons ensuite pu démontrer que, bien que l'obsolescence dans l'automobile était plus que centenaire, elle reste relativement peu étudiée. Nous avons découvert que la stratégie de conception et d'approvisionnement avait une forte influence sur le risque d'obsolescence futur (qu'elle soit relative ou absolue), et qu'elle doit être considérée pour une bonne prédiction. Après une revue des cycles de vie, nous avons pu revoir les différents travaux concernant les coûts de remédiations. Nombreux de ces travaux sont documentés par le secteur de la défense et notamment pas des travaux en lien avec le département de la défense américaine, via le guide d'application du DMSMS, et qu'il n'existe pas à ce jour de références appliquées à l'automobile. Nous avons alors abordé les quelques modèles de management de l'obsolescence aujourd'hui documentés et fait une revue des obligations qu'implique la norme IATF TS16949 à ces utilisateurs. Ces obligations, à cheval entre gestion des modifications et maîtrise des fins de vie, ont alors été relevées, soit pour leurs impacts sur le maintien en conformité, soit pour leur action anticipatrice d'une source d'O/DMSMS. Dans une deuxième section, certaines méthodes et services support ont être présentées. La veille technologique et par ricochet la prédiction des cycles de vie, par l'utilisation des méthodes de Monte Carlo, est certainement celle qui s'appuie le plus sur les travaux du *Center for Advanced Life Cycle Engineering* de l'université du Maryland. Les différentes méthodes de fabrication, additive, impression 3D ou par transfert technologique sont autant d'alternatives qu'il serait intéressant de considérer pour des fabrications de faibles volumes. Enfin, après avoir développé le lien indéfectible entre stockage sur le long terme et O/DMSMS, nous avons pu développer les différentes normes et standards appliqué à la gestion de l'obsolescence, puis en dernier lieu étudier les différentes classifications de climat qui nous permettront dans les prochains chapitres de classer les sites de stockages.



### 3 Management des PCN



## 3.1 Introduction

Dans les sections du présent chapitre, trois éléments essentiels sont traités. Le premier présente la formalisation par processus du traitement des PCN telles qu'elles devraient être pratiquées. Ce processus part de l'organisation actuelle chez VALEO et se décline en plusieurs phases. Le détail de ces phases est mis en annexe. Le deuxième élément aborde la phase de prise de décision en particulier et la façon dont elle s'articule autour des remédiations possibles, et ce selon la phase en cours du cycle de vie du produit. Le dernier point se penche sur les imprécisions et les méprises quant à l'évaluation économique des solutions envisageables. Un cas concret et chiffré est présenté en guise d'illustration et une mise en exergue d'un point d'amélioration majeur dans ce processus qui est le stockage à long terme. Étant un verrou scientifique et montrant un niveau d'étude insuffisant dans la littérature, il fera ainsi l'objet du chapitre suivant.

## 3.2 La démarche de traitement de PCN chez Valeo

PCN vient de « *product/process change notification* » et qui suppose la communication contractuelle de tout changement impactant le produit ou son procédé de fabrication. Ce type de notification doit être communiqué aux parties prenantes pour tout changement afin que le client de rang n+1 détermine l'impact sur son périmètre, et s'il y a lieu, transmettre en cascade une PCN pour un client n+2, voir pour l'utilisateur final.

Le suivi de ces modifications est très codifié et fait partie du SMQ<sup>11</sup> dans la plus grande partie des secteurs industriels. Un suivi arbitraire ou non robuste serait sanctionné lors des audits IATF16949 par une non-conformité majeure, comme évoqué dans les sections de l'état de l'art.

Une matrice a été développée chez VALEO pour être consultée avant toute modification. Cette matrice, disponible en Annexe C, permet d'appréhender l'action de communication à appliquer. Il existe pour cela 3 niveaux :

- Pas de communication client,
- Information transmise au client,
- Nécessité d'obtenir la validation du client.

Ces niveaux sont atteints en fonction de la complexité de la modification et de l'éventuel impact sur le produit (Technique et/ou réglementaire).

### 3.2.1 La réception des PCN

La démarche d'émission et de réception d'une PCN est l'un des éléments contractuels de la charte qualité qui est signée entre Valeo et ses fournisseurs. Elle fait également faire référence à la partie gestion des modifications de la norme ISO 9001 et par extension, à la norme automobile IATF TS16949. Ce processus est très encadré afin que les intérêts des deux parties puissent être garantis. Il en va de même pour les clients de Valeo qui, sans maîtrise de ce processus, pourraient se voir appliquer des modifications non maîtrisées. Pour ce cela, Valeo intègre dans son « SQA Manual » (*supplier quality assurance manual*) au chapitre II, une description du « Product & Process Change Management », tel qu'il doit d'être appliqué. Dans le cadre du présent travail, nous avons produit, à travers le synoptique de la Figure 25, une version synthétique du processus de traitement des PCN pour accompagner tout acteur de ce processus quel que soit son niveau de responsabilité.

---

<sup>11</sup> Système de Management de la Qualité



Lorsqu'un changement de norme ou de spécification d'ingénierie entraîne une modification de conception du produit, le fournisseur doit se référer aux exigences de la norme ISO 9001, section 8.3.6. Si la modification entraîne un changement du processus de réalisation du produit, il faut se rapporter aux exigences de la section IATF 16949, section 8.5.6.1. Le fournisseur est alors tenu de communiquer à l'acheteur série ou projet VALEO par écrit toute intention de changement de produit ou de processus (conception, procédé de fabrication, matériau, couleur, ...) avant sa mise en œuvre, afin d'obtenir un agrément ou un écart par rapport aux personnes concernées de VALEO.

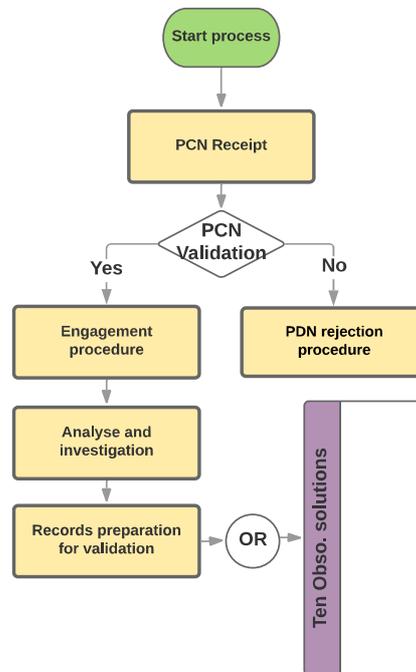


Figure 25 – Synoptique traitement générique d'une PCN chez Valeo

Si un composant sujet à modification (préalablement approuvé par VALEO) est expédié vers plusieurs sites VALEO, chacun des sites doit être informé et chaque site VALEO informera le fournisseur de la validation à effectuer par le fournisseur pour procéder au changement. La validation doit être obtenue. Dès réception de l'accord écrit de chaque site VALEO, le fournisseur sera alors autorisé à opérer le changement.

Le Tableau 7 donne quelques exemples de modifications de produits et de processus. La liste n'est pas exhaustive.

4M	Définition	Exemple de modification produit ou process
Matière	Modifications à apporter sur les composants, les matières premières ou sur leurs sources	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Changement de matériau de polyamide vers polypropylène</li> <li>- Matériau d'emballage en carton 3 plis vers 2 plis</li> <li>- Norme de l'emballage</li> <li>- Modification de l'étiquette</li> <li>- Changer de fournisseur ou de sous-fournisseur</li> </ul>
Méthode	Modifications à apporter à la manière dont nous produisons, testons ou contrôlons les composants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération d'emballage effectuée en fin de ligne vers opération d'emballage transférée dans l'entrepôt</li> <li>- Processus automatique vers un processus manuel</li> <li>- Traitement à composant unique vers un traitement par lots</li> <li>- Température dans le four de traitement thermique</li> </ul>



		- Changement de la fréquence de contrôle de 100% des pièces à 5 pièces au début de la production vice versa
Machine	Modifications à apporter aux machines, jauges ou outils utilisés pour produire, tester ou contrôler les composants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification de l'agencement de la ligne de production, mais pas de l'équipement</li> <li>- Cesser d'alimenter VALEO à partir d'un site de production en France et commencer à approvisionner depuis un site de production en Chine</li> <li>- Achat d'une nouvelle presse afin d'augmenter la capacité</li> <li>- Rénovation d'un ancien moule</li> <li>- Achat d'un nouvel équipement de test</li> </ul>
Main-d'œuvre	Modifications à apporter à l'organisation de la main-d'œuvre impliquée dans la fabrication de la marchandise	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'activité Hoshin de rééquilibrage de la ligne de 4 opérateurs à 3 opérateurs</li> <li>- Un ensemble de compétences plus faible des opérateurs pour réduire les coûts directs de main-d'œuvre</li> <li>- Une nouvelle équipe doit être constituée chez le fournisseur pour augmenter la capacité</li> </ul>

Tableau 7 - Description de quelques modifications de produits et de processus

La démarche commence par la réception d'une demande de modification établie et transmise à l'aide du « PCN VALIDATION FORM » auprès d'un coordinateur PCN. Pour ce faire, Valeo a créé des adresses mails génériques afin d'éviter la perte d'information et les difficultés pour le fournisseur à transmettre ces éléments. L'adresse prenant la forme « Valeo-pcn-coordinator.mailbox@Valeo.com » est disponible sur le portail internet de relation fournisseur appelé VALEO SRM pour Valeo Supplier Relationship Management. Sur ce site sont également disponible l'ensemble des documents et standard auxquels le fournisseur doit avoir accès.

Afin d'éviter tout litige, l'accès à ce site a été facilité ; soit en accédant par l'URL directement, soit via une simple requête sur un moteur de recherche avec les mots « VALEO SRM » (Figure 26).

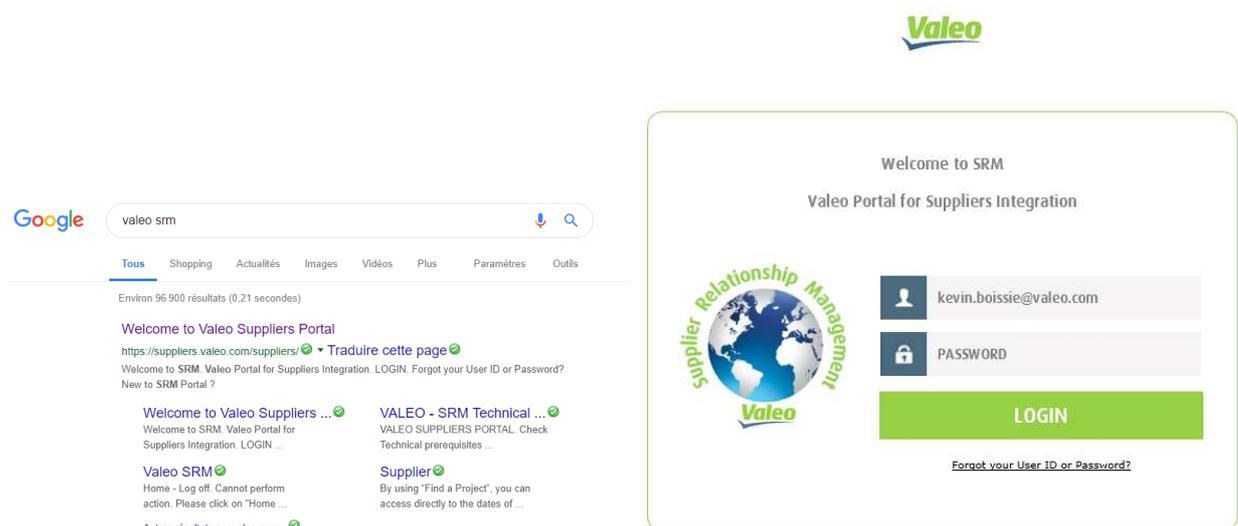


Figure 26 – Accès au portail VALEO CRM

Le « PCN VALIDATION » est un document enregistré dans le système qualité de Valeo au sein de la procédure notée 5CE07-001. Le formulaire est fourni en Annexe B pour illustration.



A partir des éléments transmis, le coordinateur PCN (aux fonctions d'un ingénieur qualité) analyse leur conformité :

- Vérification du fournisseur impacté et/ou impactant (fournisseur de Tiers N)
- Description du changement suffisamment clair et exhaustive
- Type de changement (apprécié par les 4M tel que précédemment décrit dans le Tableau 7)
- Son niveau de criticité estimé mineure ou majeure
- La date d'application (qui devra être supérieure à **6 mois** depuis la date de notification de la PCN)
- Les composants concernés, ainsi que leurs cas d'emploi (du composant modifié au produit livré à Valeo).

Une fois la conformité des éléments vérifiée, le coordinateur émet une confirmation de réception. Cette notification ne vaut pas pour autant acceptation, mais confirme l'instruction de la demande. La demande passera alors à l'étape d'analyse et d'investigation. Cette étape est décrite dans la section suivante.

Néanmoins, si l'un de ses éléments n'est pas clair, pas assez détaillé, manquant ou que la date d'application est inférieure à 6 mois, un refus motivé est alors envoyé au fournisseur. Ce refus est fait par le coordinateur de PCN avec le support du service achat, qui pourra intervenir auprès du service commercial du ou des fournisseurs : fournisseur initiant la modification et fournisseur utilisateur émettant la demande. C'est d'ailleurs ce dernier qui devra procéder à une nouvelle notification avec une date d'application dans les 6 mois qui suivent la réception de celle-ci réputée conforme.

Si toutefois, un fournisseur décidait de ne pas suivre ce processus ou d'outre passer un refus légitime et motivé, il sera signalé. En effet, dans son « *SQA Manual* », Valeo insiste qu'en respect des obligations de la norme IATF TS16949, la mise en œuvre d'un produit ou d'un processus modifié par un fournisseur sans accord écrit de VALEO sera signalée à l'organisme de certification de l'IATF par VALEO. Ce signalement pouvant impliquer la suspension de la certification pour le fournisseur par l'IATF, qui décidera seule des suites à donner.

VALEO de son côté, exigera du fournisseur que les produits modifiés, soient placés sous contrôle renforcé, par l'intégration d'une étape de contrôle en entrée d'usine Valeo et effectuée par un sous-traitant spécialiste, et ce, au seul frais du fournisseur défaillant !

Comme le rappelle la Figure 25, lorsque la procédure PCN est engagée, s'en suit l'étape d'analyse et d'investigation.

### 3.2.2 Le processus d'analyse et d'investigation

Une fois la notification reçue, s'engage un travail d'analyse et de collecte d'informations qui sera préparatoire à la prise de décision. Ce processus implique de nombreux services qui ont tous des besoins et des motivations différentes. L'objectif du coordinateur PCN sera d'obtenir et collecter l'ensemble des informations afin de pouvoir les présenter lors d'une réunion du dit « *Comité Technique* ».

Les éléments que devra obtenir le coordinateur à ce stade sont décrits dans le Tableau 8. Le logigramme complet est disponible en Annexe A et traite du processus détaillé de traitement de la PCN avec comme remédiation, le LBO.



Fonction	Périmètre	Tache
Acheteur	Site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demande les motivations de la fin de vie</li> <li>• Vérifie la véracité des motivations</li> <li>• Remonte l'obsolescence à sa cause racine à l'étape la plus amont possible</li> <li>• Négocie un transfert de moyen et de compétences</li> </ul>
Coordinateur R&D	Groupe de produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trouver des composants de substitutions ou alternatifs</li> <li>• Décrit les compromis en cas d'alternatives</li> <li>• Évaluer la criticité du stockage des produits ou des composants</li> </ul>
Logisticien	Site	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Établir la courbe des volumes et des prévisions des composants et des produits finis impactés</li> </ul>
Logisticien coordinateur	Groupe de produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concatène les données des différents sites.</li> </ul>
Commerce	Groupe de produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détermine les dates de fin d'engagement contractuel</li> <li>• Fait une estimation de volume fin de vie</li> </ul>
Qualité validation	Groupe de produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définit un plan de validation en cas de LBO</li> </ul>

Tableau 8- Actions préparatoires au comité technique

Une fois les éléments vérifiés et analysés, le coordinateur planifiera la revue du sujet en comité technique. Le but de celui-ci est de faire une validation technique de la solution de remédiation à envisager et d'allouer le cas échéant les ressources nécessaires. Le comité technique est constitué des managers des services d'ingénieries produits, projets, industriels, validations et qualité ainsi que du directeur général de l'entité. Lors du comité, chaque service pourra faire valoir ses arguments et problématiques (moyen, compétence, délai, charge, ...) afin que la décision soit prise en connaissance de cause.

### 3.2.3 Les leviers d'action PCN pour l'industriel

Les leviers de l'industriel face à la notification d'une fin de vie dépendent principalement de la nature des motivations du fournisseur à arrêter la fourniture du composant. Si la fin de vie est liée à une mise en conformité légale ou à l'application d'une loi, il n'existera pas de processus dérogatoire dans la majorité des cas. Le deuxième levier principal, sera lui plus facilement maîtrisable et dépendra directement d'un rapport de force en l'occurrence la motivation économique / rentabilité. Le Tableau 9 reprend synthétiquement ce mécanisme.

		Motivation de la fin de vie	
		Non légale/normative	Légale/normative
Influence économique sur le fournisseur	Forte	Opposer un refus au fournisseur	Appliquer
	Faible	Négocier (annuler / décaler)	Appliquer



Leviers industriels		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglementaire</li> <li>- Financier</li> <li>- Technologique</li> <li>- Contractuel</li> <li>- Commercial</li> </ul>	
---------------------	--	--	--

Tableau 9 – Matrice d'influence d'une fin de vie client sur fournisseur

Les principaux leviers identifiés sont réglementaires, financier, technologiques, contractuelles et commerciales. Ils viennent en vis-à-vis direct de la motivation exprimée par le fournisseur lors de la notification de fin de vie.

- **Levier réglementaire** : hormis à avoir pris des mesures anticipatives via une veille réglementaire tel que décrit dans l'état de l'art, il sera difficile de refuser l'application de la demande. Il sera aussi compliqué de maîtriser les interdits induits par des sanctions internationales, ou individuels tel que cela a pu être avec les sanctions contre l'Iran par exemple. En revanche, elle a pour avantage de pouvoir contraindre le client final à accepter la modification.
- **Levier financier** : c'est l'un des plus simples à traiter. Celui-ci ne souffre d'aucune contrainte technique et légale. Néanmoins, il n'est pas pour autant commercialement facile à traiter. Cela suppose tout d'abord que le fournisseur n'ait pas entériné sa décision et accepte de rediscuter le cas, mais également que l'augmentation induite puisse, soit être absorbée par l'équipementier, soit que le constructeur accepte l'augmentation compensatrice avec pour risque une baisse d'attractivité pour l'utilisateur qui conduise à un nouvel effondrement des consommations. Ce phénomène sera d'autant plus catalysé que le vieillissement du parc automobile concerné et l'intérêt porté à la fonction dans les véhicules seront importants. En d'autres termes :
  - Combien achèteraient un autoradio à cassette pour Peugeot 106 de 2005 ?
  - Il coûte moins cher de simplement désactiver l'antidémarrage d'une Renault LAGUNA de 2004 que de changer le système électronique.
- **Levier technologique** : ce levier touche à l'ingénierie dans son ensemble. L'importance de son exposition sera considérée en fonction du nombre de procédé mis en œuvre et de leurs dépendances vis-à-vis de matière, de machines mais également de connaissances. Il peut être un frein au maintien d'équipement ou une solution qui n'est pas suffisamment mature pour être maintenue dans des conditions de production maîtrisée. L'aspect humain est très important sur ce levier, tant l'obsolescence est liée dans certain cas à la maîtrise opérationnelle. Fabriquer des pièces vieilles de 20 ans, c'est parfois travailler sur des machines vieilles de 30 ans et plus. Il faut savoir fabriquer « conforme », régler, maintenir et réparer les moyens de production. Avec l'arrivée des nouvelles technologies, force est de constater que les processus basiques sont vite relégués au profit de moyens « plus efficace » dans les cycles d'apprentissage. La maîtrise des « savoir-faire » relèvent par conséquent uniquement de l'entreprise ou de la filière. Pour agir sur ce levier, l'équipementier doit s'assurer que les technologies et procédés sont substituables autant que la maîtrise de ses compétences et de son panel de fournisseurs reste viable. Ces aspects devraient être des éléments déterminant de la stratégie « marketing » achat et exigent d'être coordonnés avec le plan stratégique industriel.



- **Levier contractuel** : c'est l'aspect de respect du contrat et de ses obligations. En début de projet, l'équipementier contractualisera la fourniture avec son fournisseur. Ce contrat est spécifique à la fourniture d'une ou plusieurs références sur un projet donné. Chez Valeo, ce contrat s'appelle le SVRF pour « *Specific Valeo Requirement File* ». C'est appuyé de ce contrat que Valeo pourra imposer l'obligation de service qui en découle. Éventuellement, cela pourrait favoriser un transfert de fabrication que nous revendiquons comme étant la 9<sup>ème</sup> remédiation à considérer dans toute démarche de traitement des obsolescences. Celle-ci n'agit pas sur la correction de l'obsolescence mais uniquement sur la motivation de celle-ci.
- **Levier commercial** : dont l'efficacité est directement proportionnelle à l'importance qu'a ou que peut faire valoir le fournisseur vis-à-vis de son client. C'est un aspect fort de la relation à long terme. Plus précisément, un fournisseur générant de trop important impact sans jamais accepter de compromis alors qu'une issue plus favorable ait été envisagée pourra ainsi être placé sous le statut « NBOH » signifiant *New Business On Hold*, c'est-à-dire exclue de toute demande de chiffrage pour les nouvelles prises de commande.

### 3.3 La prise de décision

Comme précédemment évoquée, la prise de décision initiale se fait lors du comité technique. Une revalidation du scénario étant prévu dans un deuxième comité, celui du plan industriel et commercial (PIC). Ce comité siège à fréquence mensuelle et a pour but d'analyser l'activité sur les 18 prochains mois. Cette seconde validation vise à confirmer les éléments économiques et de volume par le site utilisateur. Ce comité ne réévalue donc pas l'approche technique de la solution mais la faisabilité pragmatique et la cohérence du scénario avec les données réelles et contractuelles. En cas d'écart majeur, le sujet sera escaladé lors du comité technique suivant qui révisera sa décision, à partir des éléments nouveaux issus du PIC.

#### 3.3.1 L'analyse des hypothèses.

L'état de l'art nous a permis d'identifier 8 actions de remédiations (W. Tomczykowski 2001). Le facteur le plus influant dans le choix d'une ou l'autre des décisions est en effet le cycle de vie du produit et de ses fonctions. La Figure 27 met en évidence les huit solutions de remédiation connues par ordre de viabilité en fonction du cycle de vie. Nous avons fait cohabiter le Re-Design et la 9<sup>ème</sup> remédiation qu'est le transfert de technologie dans la mesure où tous deux ont le même profil quant au cycle de vie. Nous avons aussi ajouté une 10<sup>ème</sup> remédiation qu'est la suppression de la fonction. En effet, lors de l'analyse des différents cas d'étude, il s'est avéré que la suppression de la fonction ou du composant représente une solution valable. Cette action de remédiation interviendra dans des cas et des périodes du cycle de vie précis.



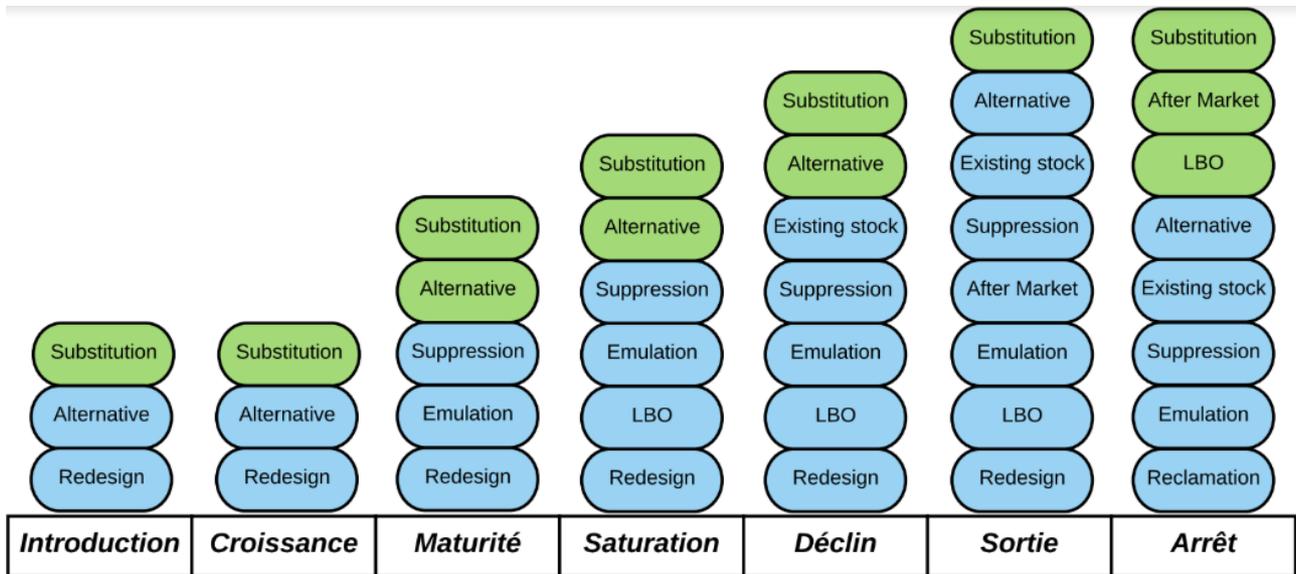


Figure 27- Analyse des remédiations en fonction du cycle de vie

La Tableau 10 permet de poser ce même modèle sous forme de matrice avec un niveau de détail supplémentaire.

Remédiation \ Phase	Substitution	Alternative	Redesign / Transfert	Suppression	Emulation	Stock existant	LBO	Aftermarket	Réclamation
Introduction	P	V	V	NC	NC	NC	R	R	R
Croissance	P	V	V	NC	NC	NC	R	R	R
Maturité	P	P	V	V	V	NC	R	R	R
Saturation	P	P	V	V	V	NC	V	R	R
Déclin	P	P	V	V	V	V*	V	R	R
Sortie	P	V	V	V	V	V*	V	V	R
Arrêt	P	V	R	V	V	V*	P	P	V

P= probable ; V=valable ; V\*=valable sous réserve de LTS ; R=refusé ; NC=non considéré

Tableau 10- Matrice d'adéquation des remédiations en fonction du cycle de vie

Pour plus de compréhension du mécanisme de choix, les 2 précédentes illustrations doivent être non seulement présentées sous l'angle des remédiations mais aussi des facteurs déterminants la viabilité de traitement de la PCN selon sept axes : le marché, la logique commerciale, les considérations techniques, la faisabilité économique, l'impact du changement, les ressources requises et effectives et enfin les conséquences du stockage.

De manière individuelle pour chaque axe :

- L'impact du marché est principalement influencé par le chiffre d'affaire actuel et à venir. Il définira indirectement l'ampleur du « business » impacté et ses conséquences.
- L'aspect commercial correspond à l'ampleur du sujet en termes d'image. Comme évoqué en introduction, le nombre de clients sur le marché des équipementiers automobiles étant très limité, cet aspect à une très forte influence.



- D'un point de vue technique, la disponibilité et la maîtrise technologique de la solution sont cruciales. Il est question de technologie au sens large, incluant également les procédés de fabrications, les outils de développement et les solutions logicielles, ou simplement les connaissances technologiques nécessaires. Cet aspect pourra s'apprécier via deux volets, la maîtrise interne et la maîtrise externe (à travers le panel des fournisseurs).
- L'impact économique et tout ce qui affecte la rentabilité, les ventes futures, les coûts directs ou indirects.
- L'aspect « Impact », dans le sens utilisation. Tous ce qui aura trait à un compromis par rapport à la version précédente. Résolution d'un écran, sa couleur, son aspect mat, ou plus simplement la suppression d'un élément de celui-ci.
- La notion de ressource pointe la capacité à absorber la charge afférente au traitement de l'obsolescence et/ou de sa cause. Bien que tous les autres indicateurs soient au vert, l'absence ou la surcharge d'une ressource pourra avoir pour conséquence le choix d'une autre remédiation.
- La capacité de stockage, qu'il soit en termes d'équipement, de localisation, d'espace disponible ou simplement de faisabilité, ce dernier aspect est souvent négligé alors qu'il conditionne largement de nombreuses mises en œuvre.

Afin de synthétiser ces explications sous l'angle de la remédiation, le Tableau 11 propose une liste de points à traiter par axe et vis à vis de chaque remédiation dans un contexte particulier, celui des systèmes d'accès. Il s'agit d'une base de travail à réadapter en fonction de la stratégie et de la typologie de produit à traiter.

Axe	Facteurs	Substitution	Alternative	Redesign	Émulation	Stock existant	LBO	After-Market	Réclamation	Suppression fonction ou composant	Transfert de technologie
<b>Marché</b>	Quelle phase du cycle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Maturité technologique			X			X	X			X
	Volume moyen des ventes		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Impact en nombre de site (prod.)				X	X	X				X
	Volume restant à livrer			X	X						
	Période restante à livrer			X	X						
<b>Commerciale</b>	Nombre de références produits finis impactées		X	X	X	X	X	X	X		
	Impact client		X					X	X	X	
	Nombre de client produit finis impactés		X	X	X			X	X	X	
<b>Technique</b>	Maitrise technologique			X			X	X			X
	Substitution ou alternative déjà identifiée	X	X			X	X	X			X



	Pérennité de la solution disponible		X	X	X	X		X			X
<b>Économique</b>	Coût des validations	X	X	X	X			X			X
	Pouvoir de négociation (Prix de revient et de revente)			X			X	X	X	X	
<b>Impact</b>	Typologie de la fonction impact (Principale, support & accessoire)			X	X			X	X	X	X
	Analyse du compromis		X		X			X		X	
<b>Ressource</b>	Planning (ressources et délai)		X	X	X			X			X
	Couverture de stock		X	X		X	X	X			X
<b>Stockage</b>	Périssabilité du stock	X	X			X	X	X			X
	Coût du stockage	X	X	X		X	X	X			
	Processabilité et fiabilité à long terme			X		X	X	X			X
	Moyen à disposition		X	X		X	X	X			

Tableau 11 - Analyse des facteurs d'influence par remédiation – cas des systèmes d'accès

### 3.3.2 L'analyse des coûts

L'analyse des coûts permet aux décideurs de trancher d'un point de vue rentabilité ou stratégie. Ce qu'il est intéressant d'observer dans l'entreprise, c'est que ces chiffrages sont établis et présentés par des équipes projet et R&D, sans que ne soient impliqués les usines. Les différentes remédiations techniques envisagées correspondent aux priorités du centre de recherche en fonction de ses intérêts. D'autres parts, certains de ces éléments sont intimement liés à la complexité de la modification, confirmé chez Valeo via l'analyse de la matrice 4M.

Comme présentée précédemment, l'orientation vers l'une ou l'autre des solutions est influencée par le statut dans le cycle de vie et par conséquent des volumes notamment celui restant à livrer. Cependant, c'est l'analyse économique de toutes les solutions envisagées qui nous permettra d'établir la présentation auprès du comité technique. Il n'existe pas, à ce jour, d'abaque ou de standard permettant de chiffrer une remédiation. Le chiffrage de l'une ou l'autre des remédiations sera présenté sur différents volets comportant notamment :

- Augmentation du coût de revient des pièces ;
- Coût d'évolution des moyens ;
- Coût d'évolution du produit ;
- Montant des validations ;
- Temps/hommes en gestion de projet et développement ;
- Contribution potentiel du client.

N'ayant pas d'outils à disposition pour rendre exhaustif et visuel le chiffrage, un support a donc été créé. Le Tableau 12 est un extrait de tableau support ... présenté en Annexe D dans sa globalité. Tout en restant dans une certaine mesure d'échelle, les coûts horaires présentés ont été modifiés pour des raisons de confidentialité. La synthèse de chaque solution est alors communiquée sous forme de présentation comparative.



Methods (METH)			
Task Description	Man-	Rate/	Cost
	Hours	Hour	
Définition moyen	8	60,00 €	480,00 €
Rédaction du cahier des charges pour fournisseur d'équipements et autres petits outillages	8	60,00 €	480,00 €
Correspondance technique par rapport au fournisseur des outillages	2	60,00 €	120,00 €
Pré-acceptation des outillages	2	60,00 €	120,00 €
Réception définitive de tous les outillages	4	60,00 €	240,00 €
Qualification de tous les outillages	4	60,00 €	240,00 €
Mise au point du processus	8	60,00 €	480,00 €
Spécification et conception de la ligne d'assemblage final	4	60,00 €	240,00 €
Définition du synoptique de fabrication. Mise en place et implantation de la ligne	4	60,00 €	240,00 €
Calcul des temps de cycles	2	60,00 €	120,00 €
Optimisation des temps de cycles	2	60,00 €	120,00 €
Écriture ou modification des fiches d'instruction	4	60,00 €	240,00 €
Modification des dossiers complets de fabrication	4	60,00 €	240,00 €
Formation des opérateurs au nouveau processus	4	60,00 €	240,00 €
Suivi de la PRS et du démarrage série	8	60,00 €	480,00 €
Participation à l'AMDEC	4	60,00 €	240,00 €
<b>Somme</b>	<b>72</b>		<b>4320 €</b>

Tableau 12 – Extrait du chiffrage des opérations de traitement d'un projet de remédiation

### 3.3.3 Manques, approximations et confusions.

Au-delà des éléments de décision que les tableaux et illustrations présentés dans les 3 précédentes sections, d'autres données devraient être prises et des confusions devraient être évitées dès le début des investigations et du traitement, par exemple, d'un LBO. Notre étude du terrain a permis de mettre en évidence un nombre important d'approximations et de négligences qui s'avèrent être pénalisantes tant économiquement qu'au point de vue opérationnelle.

La variable de temps était jusqu'alors réduite à la durée de décision. A aucun moment lors des interviews, n'a été relevé le temps et la charge que représentent l'analyse et la mise en place d'un LBO pour « l'usine ». Ce processus est présenté à l'occasion du comité technique comme une commande classique où le coût d'une commande fin-de-vie se résume au prix unitaire multiplié par le nombre de composants à acheter ! La seule variable pénalisante étant alors le pourcentage de variabilité de volume estimé vis-à-vis des prévisions du client. De plus, lorsque les prévisions ne sont pas disponibles, l'extrapolation des volumes se résume, tel que présenté dans le Tableau 13, aux volumes de l'année précédente auxquels on applique une décroissance de 5% pour chaque année de production. Or, les courbes observées (Figure 28) montrent que le processus de décroissance des volumes n'est pas linéaire.



Année (Y)	(Y -1)	Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Somme (Y à Y+5)
Volume	300000	285000	270750	257213	244352	232134	220528	<b>1509976</b>
Coût (PU= 0.5€/p)		142500	135375	128606	122176	116067	110264	<b>754988</b>

Tableau 13 – Illustration d’une estimation de fin de vie sans donnée client

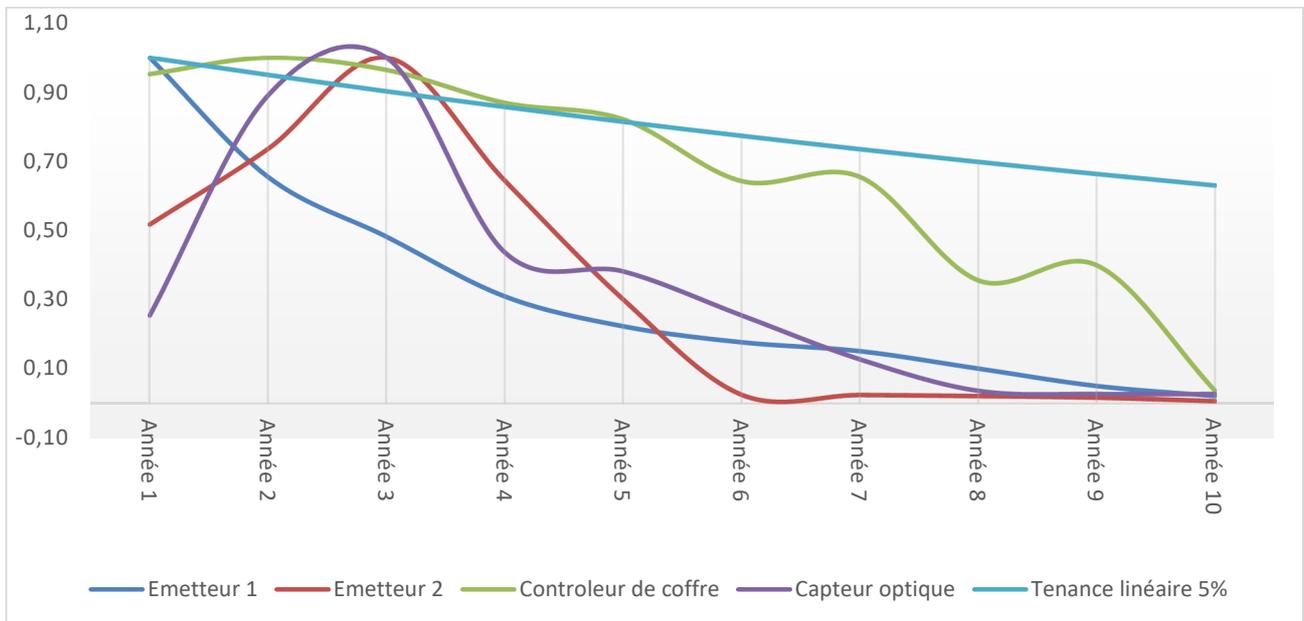


Figure 28 – courbes de tendances normalisées de produit en déclin

Ceci s’explique notamment par le fait que cette méthode d’estimation ne considère pas la particularité de la fonction et le potentiel intérêt pour le produit au fil des années. Comme déjà posé dans l’état de l’art, pour aborder l’estimation du reste à livrer, nous avons déterminé trois questions à prendre en compte :

### 1. La fonction est-elle toujours utile ?

⇒ Au fur et à mesure que le véhicule utilisateur vieillisse et l’usage de celui-ci, la fonction assurée par le produit concerné justifie(ra)-t-il son remplacement ?

### 2. Son coût de remédiation est-il cohérent avec le besoin et/ou l’usage ?

⇒ Est-ce que compte tenu des moyens mis en œuvre, qui devraient être répercutés dans le prix de vente, la valeur d’usage et les solutions alternatives disponibles pour l’utilisateur ont (auront) une influence sur le volume vendu ? Cette appréciation est dépendante de la solution visée.

### 3. Est-ce une fonction principale, sécuritaire, support ou accessoire ?

⇒ Le produit concerné par la LBO rend-il dépendant le véhicule dans son usage principal, à savoir se déplacer.

Pour rentrer dans le détail des typologies de fonctions, nous illustrons ce principe par une mise en situation telle qu'elle est présentée lors des formations assurées en interne dans le cadre de notre recherche :

- Vous êtes possesseur d'une Mercedes Classe S de plus de 2 ans, un véhicule d'une valeur actuelle d'environ 50000€. Vous habitez le centre de Paris et ne disposez pas d'un box clos. Si l'alarme était en panne, la feriez-vous réparer ?  
⇒ Réponse la plus courante lors des formations : Oui, certainement.
- Vous êtes possesseur d'une Clio Campus de plus de 2 ans, un véhicule d'une valeur actuelle d'environ 5000€. Vous habitez le centre de la France et disposez d'un box clos. Si l'alarme était en panne, la feriez-vous réparer ?  
⇒ Réponse la plus rependue lors des formations : Non, car pas d'usage.
- Vous êtes possesseur d'une Mercedes Classe S de plus de 2 ans, un véhicule d'une valeur actuelle d'environ 50000€. Vous habitez en Floride. Le dégivrage arrière est en panne, le feriez-vous réparer ?  
⇒ Réponse la plus rependue lors des formations : Non, en plus difficile à détecter !
- Vous êtes possesseur d'une Clio Campus de plus de 2 ans, un véhicule d'une valeur actuelle d'environ 5000€. Vous habitez à Oslo. Le dégivrage arrière est en panne, feriez-vous réparer ?  
⇒ Réponse la plus rependue lors des formations : Oui, dans ce genre de pays, c'est indispensable.

On comprend alors l'enjeu de l'estimation des volumes fin de vie. Ce volume est dépendant de la fonction tout autant que de l'usage. Afin de permettre d'appréhender ce paramètre, une proposition a été établie en 3 niveaux :

- 1 **Fonction principale** : qui correspond à tous les éléments de structure, sécuritaires et nécessaires au déplacement du véhicule. On y retrouvera bien évidemment la motricité, les éléments assurant la direction et les systèmes de freinage.
- 2 **Fonction support** : qui est un support qui intègre tous les éléments qui ne sont directement nécessaire à mouvoir le véhicule, mais qui reste des éléments principaux de la conduite. C'est dans ce panel d'éléments dit supports que se poseront les plus gros écarts d'estimation, principalement lié aux conditions ou au contexte d'usage, tel que cela a été présenté précédemment. Nous pourrions retrouver dans cette catégorie, l'ouverture des fenêtres, le système de ventilation, les systèmes d'essuyages, ...
- 3 **Fonction accessoire** : qui vont soit perdre de leurs intérêts vis-à-vis du client soit ne pas avoir une valeur d'utilité suffisante vis-à-vis du coût de la réparation. La fonction accessoire sera certainement réparée lorsque celle-ci fait perdre une valeur significative au véhicule. Dès lors qu'elle ne contribue plus à la valeur du bien, elle sera ignorée ou substituée par un autre système moins couteux et/ou plus perfectionné. Ce fut notamment le cas pendant des années pour les autoradios achetés en seconde monte. Un exemple des fonctions plus récentes, est celui de l'éclairage du sol à l'ouverture de la portière (Figure 29).





Figure 29 – éclairage seuil de porte

Un autre point important qui s'est relevé lors de l'analyse des non-conformités, est la négligence des coûts et des conditions de stockages. Ces conditions et la faisabilité technique de mise en place ne sont pas considérées dans l'analyse technique et économique au commencement de l'étude. Or, l'analyse des non-conformités internes démontrent de nombreuses pertes qui s'avèrent trouver leurs origines dans des incompatibilités climatiques ou des conditions inadaptées. Bien qu'il y ait de nombreux cas, ceux-ci n'affectant pas de produits en masse, ne semblent pas relevant des priorités opérationnelles. Il faudra en effet sommer une multitude d'occurrences séparées pour mettre en évidences une même cause racine. En revanche, les interviews et les enquêtes montrent que ce genre de problèmes est très chronophage pour un impact souvent ponctuel. C'est en fait un problème d'échelle de temps dans nos analyses.

La méconnaissance et l'absence de travaux interne sur le sujet s'explique par la logique de la « gestion des stocks ». Les LBO et composants peu ou non actifs sont peu considérés. Par leur faible fréquence d'usage, ils sont souvent remisés ou transférés sur des plateformes externes. D'autre part, ces queues de Pareto sont souvent en fin de classement. Cela s'explique notamment par les règles d'amortissement<sup>12</sup> et de dépréciation financière<sup>13</sup> qui dévalue les composants de 95% pour tous les stocks qui couvrent un période de plus de 4 ans. De fait, la valeur nette est certes 20 fois inférieur à

<sup>12</sup> L'amortissement est la constatation comptable et annuelle de la perte de valeur des actifs d'une entreprise subie du fait de l'usure, du temps ou de l'obsolescence. L'amortissement comptable permet d'étaler le coût d'une immobilisation sur sa durée d'utilisation.

<sup>13</sup> Constatation comptable de la diminution de valeur d'un élément d'actif ; les dépréciations peuvent porter sur des immobilisations incorporelles et corporelles non amortissables (exemple : terrains, fonds de commerce), des immobilisations financières, des stocks, des comptes clients, des valeurs mobilières de placement. Suivant le principe de prudence (article 120-3 du Plan Comptable Général) la comptabilité générale prévoit de passer une écriture de dépréciation lorsqu'un élément d'actif perd de la valeur (moins-value).

la valeur d'achat, impactant ainsi très peu l'indicateur de valeurs des stocks, néanmoins le delta valeur brut – valeur net s'avère être une perte importante et directe pour les comptes de l'entreprise et impacte très défavorablement le résultat de l'entreprise. Il s'agit là d'une faiblesse majeure dans le processus de décision du traitement de la PCN que nous avons décidé de traiter au chapitre suivant.

### 3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons produit une description détaillée et à vocation formative du processus de traitement PCN avec synoptiques et exemples d'illustration. Nous avons aussi fourni une grille de lecture des priorités à prendre en compte quant aux remédiations d'obsolescence envisageables en fonction de la phase en cours du cycle de vie de produit. Deux nouvelles remédiations ont alors été contextualisées et introduites. Un cas d'étude concret sur les systèmes d'accès a été par la suite fourni. Par ailleurs, tout au long du chapitre, nous avons veillé à systématiquement contextualiser, remettre en question et justifier les solutions à déployer pour la gestion des PCN. Nous avons notamment abordé la nécessité d'étendre l'analyse des solutions de remédiations au-delà du périmètre des équipes projet et R&D et celle de mieux exploiter les données et les retours d'investigation. En d'autres termes, qu'il fallait envisager de capitaliser et d'opérer un réel retour d'expérience à long terme en la matière. Tout cela nous a amené à identifier aussi un verrou scientifique qui est le LTS (peu de littérature et méprise quant à l'impact économique réelle lors de PCN *a posteriori* dans le secteur automobile). C'est justement l'objet du chapitre suivant.



## 4 Le stockage à long terme - Pratique et périmètre de décision



## 4.1 Introduction

Dans ce chapitre seront discutés tout d'abord les cas de recours au LTS notamment ceux sans rapport direct avec l'obsolescence et la raréfaction des sources. Dans un deuxième temps, l'usage du LTS en réponse à l'obsolescence est décliné en plusieurs points : ce que l'on entend par condition de stockage, les situations ou incidents redoutés du caractère long du stockage, l'identification des facteurs clés de ces conditions de stockage et enfin l'introduction de notre notion d'espérance de stockabilité en la reliant aux matières, constituants élémentaires d'un composant ou d'une fourniture de manière générale. Par la suite, nous présenterons les classifications proposées de ces matières mais aussi des lieux d'entreposage d'un point de vue climatique. Cette partie est le socle de la méthode développée en chapitre 5 pour l'estimation fine de l'espérance de stockabilité multi-matière. Pour cette raison aussi, une analogie avec le stockage du vin est présentée en fin du présent chapitre pour s'assurer de la compréhension de la logique de notre méthode.

## 4.2 Le besoin de stockage LTS hors PCN.

Le LTS est un problème de la vie quotidienne. Notre postulat est de considérer qu'un stockage à long terme sera effectif dès lors que la période de stockage est supérieure à 24 mois. L'imposition des tailles de lot par les fournisseurs, l'augmentation des *lead times* d'approvisionnement couplé à la volatilité des prévisions ou encore la non prise en compte du déclin dans la stratégie industrielle conduit inévitablement vers du LTS. Le plus gros risque étant que ce type d'évènement ne fasse l'objet d'aucune détection, car aucun moyen de contrôle n'est aujourd'hui disponible pour réagir en amont, l'ERP travaillant en réapprovisionnement automatique à partir des données de bases renseignées dans celui-ci. C'est dans ces données que nous retrouverons les minimums de commande, les délais standard ou encore les tailles de lot de fabrications. Ainsi, dès qu'un besoin client conduit à un stock prévisionnel en dessous de 0 pièce, le système ordonnera automatiquement le lancement d'achat auprès des fournisseurs, et ce peu importe le cycle de vie du produit, qu'il ait été fabriqué par 100 000 unités l'année précédente ou que la demande future ne soit que de quelques centaines.

A partir des données de l'industriel, nous avons pu évoquer plusieurs situations ayant conduit à un LTS, ceux-ci seront présentées de manière détaillée dans le chapitre 5. De 30 mois à plusieurs années, telle peut être la durée de stockage sans qu'à aucun moment une notification de fin de vie n'ait été envoyée ou signifiée. Nous parlons de situation de fait qui, de par leur impact économique réputé faible, passe en dehors de tous les radars, qui sont bien souvent, pointés en Pareto sur des problématiques de fabrication de masse en série.

Deux cas d'illustrations sont proposés pour apprécier l'occurrence d'une situation de LTS hors obsolescence. Le premier cas, présenté par le Tableau 14 et la Figure 30, est induit par un prévisionnel<sup>14</sup> client fluctuant dans une période de commande ferme<sup>15</sup> auprès du fournisseur. Le second cas, présenté par le Tableau 15 et la Figure 31, permet d'apprécier les fréquences de réapprovisionnement, lorsque que le minimum de commande ne peut ou n'est pas remis en cause par rapport au besoin réel.

---

<sup>14</sup> Un prévisionnel des ventes est un document qui indique la quantité d'articles que la société pense vendre au cours d'une période donnée. Ce document permet à l'entreprise de planifier sa production et ainsi d'optimiser la gestion de ses stocks. De plus, les variations dans se prévisionnels n'engage pas le client sur la totalité du volume estimé.

<sup>15</sup> La période de ferme, correspond à des ordres de commandes qui ne peuvent plus fluctuer, ni en date de livraisons, ni en quantité.



Article	Élément analysé	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Produit	Prévisionnel Produits finis	1000	50000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	50000	10000	1000	1000	750	500	250	150	100	25
	Commande du produit finis	1000	50000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	25000	5000	1000	500	100	100	100	50	10	0
Composant	Commande LT 12 mois	1000	50000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	50000	10000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Volume du composant x	1000	50000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	50000	8000	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stock fin d'année	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25000	30000	29000	28500	28400	28300	28200	28150	28140

Tableau 14 – Apparition d'une situation de LTS suite à une variation dans un ferme d'approvisionnement de 12 mois

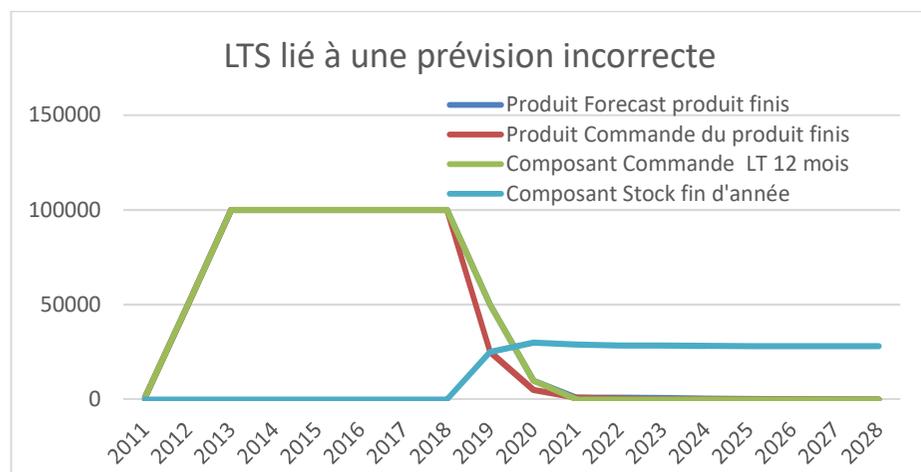


Figure 30 – Fluctuation du stock avec un ferme de 12 mois

L'exemple présenté permet d'apprécier le problème opérationnel d'une réduction du besoin client dans la période d'approvisionnement ferme de l'équipementier auprès de son fournisseur.

Dans ce cas d'étude, une différence entre le volume prévisionnel et la commande réelle de 30000 p (soit 50% du volume sur la phase de déclin) force l'équipementier à stocker un lot fin de vie, sans qu'aucune notification de fin de vie ne soit envoyée. S'en suit une double sanction, un stockage sur le long terme de 10 ans auxquels s'ajoute un excédent de 28140p en fin de période. Il a noté que la taille de lot d'approvisionnement a été négligée, celle-ci est illustrée dans l'exemple suivant.

Ce cas est fréquent, les planificateurs ayant tendances à moins considérer les baisses de besoins dans les horizons de prévisionnels client tant les conséquences d'un cas inverse conduisant à une rupture des livraisons induiraient des demandes de compensations économiques par les constructeurs ainsi qu'une perte d'image du service client pour l'équipementier.



Article	Élément analysé	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Produit	Commande du produit finis	1000	42000	53 000	52 500	48 000	39 000	29 000	17 000	9 300	2 000	1 000	1 000	600	500	400	400	400	200
	Commandes par 5000p	5000	40000	55000	50000	50000	40000	25000	20000	10000	0	0	0	5000	0	0	0	0	0
Composant	Nombre de Moq	1	8	11	10	10	8	5	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Stock fin d'année	4000	2000	4000	1500	3500	4500	500	3500	4200	2200	1200	200	4600	4100	3700	3300	2900	2700

Tableau 15 – Apparition d'une situation de LTS du au minimum de commande supérieur au besoin sur 24 mois

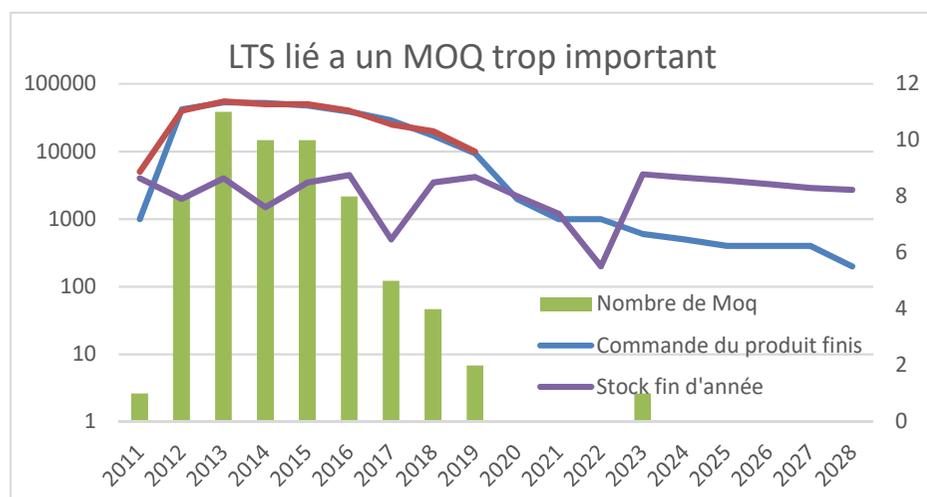


Figure 31 – fréquence d'achat et stock de composant

L'exemple présenté permet d'apprécier le problème opérationnel de non-maitrise ou négligence des minimums de commande. Il pourra tout à fait être transposé à une taille de lots de fabrication trop importante à la vue d'une demande client.

Dans ce cas d'étude, le minimum de commande (MOQ) est de 5000p et n'est pas revu malgré les baisses de demande en produits finis. Cela a pour conséquence l'espacement des commandes. Une première période de stockage de 4 ans sera suivie d'un réapprovisionnement de 1 MOQ qui fera suite à une seconde période de 6 ans. Par conséquent, comme indiqué par la partie colorisée en bleu dans le Tableau 15, une période de LTS de 8 ans est constituée. Ce genre de cas, appuie encore plus la nécessité de respecter les procédures de FIFO (First In, First Out) sans quoi, au lieu de supporter une période de stockage maximum de 6 ans, certains composants pourraient être stockés sur une période 10 ans. Cette situation n'entraîne pas alors la même mise en œuvre de gestion des risques et des moyens.



## 4.3 La remédiation par le stockage à long terme

### 4.3.1 L'analyse des conditions et de la durée de stockage

Les conditions de stockages sont dépendantes de chaque plateforme et sont très influencées par le climat local. Plus globalement, les différents types de stockage observés sont :

- 1 Stockage en plein air – Aucune structure de protection (Figure 32)
- 2 Stockage sous appentis – un toit pas de côté protégé (Figure 33)
- 3 Stockage sous auvent avec un ou plusieurs cotés fermés mais accès ouvert et sans fermeture (Figure 33)
- 4 Stockage non isolé clos (Figure 35)
- 5 Stockage chauffé (Figure 34)
- 6 Stockage climatisé (Figure 37)
- 7 Stockage à environnement contrôlé (Humidité, pression, ...) (Figure 36)



Figure 32 – plein air



Figure 33 – appentis et auvent



Figure 34 - chauffé



Figure 35 – non isolé, clos



Figure 36 – environnement contrôlé



Figure 37 – climatisé

Chaque type de stockage ayant ses avantages et ses inconvénients, il est important d'apporter des solutions qui préservent les qualités et propriétés du produit sans surdimensionnement quant au besoin, aux risques d'entraîner des dépenses inutiles, qui à l'échelle d'une multinationale avec de grands volumes se chiffrent rapidement en millions d'euros.

En plus d'avoir un impact sur le produit, il ne faut pas négliger les packagings qui s'avèrent souvent être encore moins résistants au stockage à long terme que les composants eux-mêmes. Il n'est pas rare de voir des décompositions sévères au bout de quelques mois seulement (Figure 38).

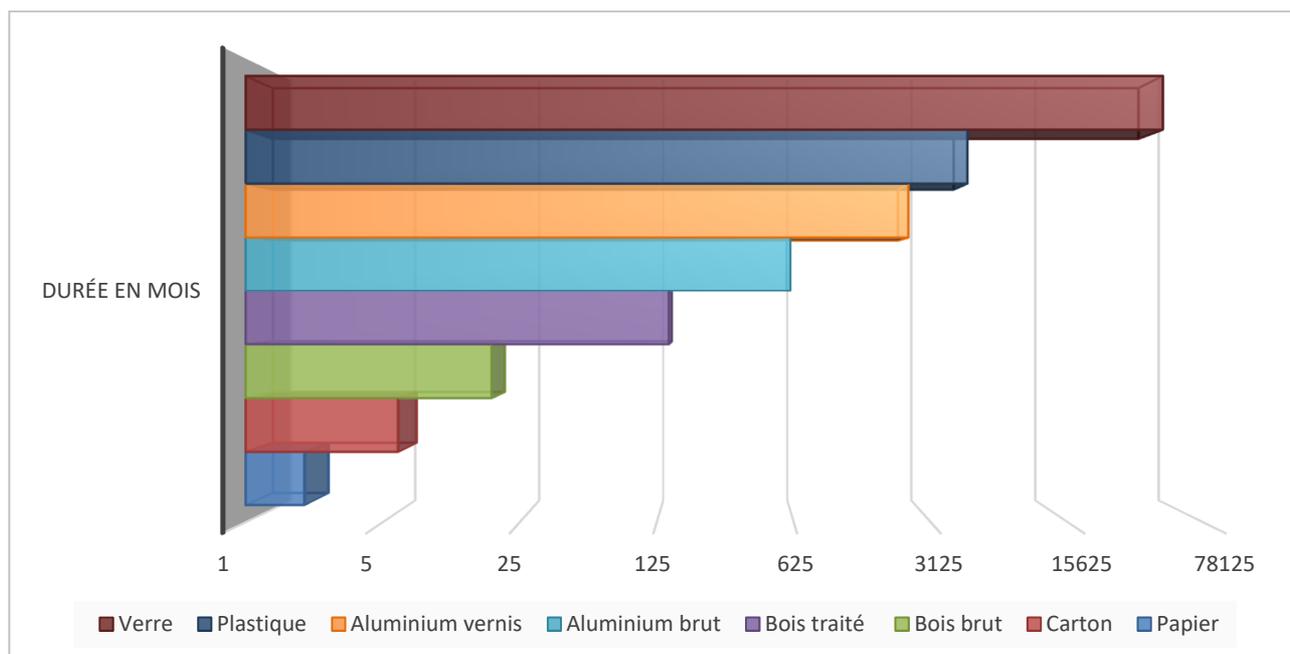


Figure 38 – Périissabilité des packagings<sup>16</sup>

Pour reprendre les principes de conception exposés dans l'état de l'art, il est important d'apprécier avant un stockage à long terme, l'aptitude à la stockabilité du conditionnement c'est à dire celle à supporter un usage long et surtout avec un nombre important de sollicitation.

#### 4.3.2 L'analyse des défauts et non-conformités relatifs à la stockabilité

Afin de déterminer les facteurs influant la stockabilité, une analyse des non-conformités a été menée. Reposant sur les bases qualités internes, clients et fournisseurs, une recherche des causes racines a permis de rassembler un historique des défaillances.

Il ne sera pas fait d'analyse du niveau de criticité de chaque élément, notamment car l'analyse ayant été menée, les pièces incriminées ne sont plus disponibles car détruites. Néanmoins, le cheminement des investigations ainsi que la détermination des causes sont disponibles grâce aux

<sup>16</sup> Construit à partir des données de The Green Space: Trash Degradation Exposed, Michigan Manufacturing Technology Center (MMTC) e-manufactLine newsletter April 2010.



analyses factorielles (FTA<sup>17</sup>, *Factor Tree Analysis*) et aux causes racines mise en évidence par des 5 pourquoi.

La synthèse de ces analyses<sup>18</sup>, dont un exemple de chaque catégorie est présenté dans le (Tableau 16) sera plus tard confronté aux avis des experts matériaux afin de déterminer si des actions peuvent empêcher l'apparition de la non-conformité.

Quelle non-conformité (FTA)	Cause racine identifiée (dernier pourquoi)
Clipage impossible, matière plastique cassante	Température
Corrosion des ressorts	Environnement trop humide
"Piqure" logo traité	Salinité
Matière première plastique (big-bag) aspect non conforme	Environnement Alcalin
Taux de non-conformité anormal des condensateurs chimiques	Séparation des éléments par gravité (électrolyte)
Taches sur pièces en plastique laqué piano	Migration des éléments
Jeu anormal, bruyance des éléments assemblés	Vibration
Pièce cassée dans l'emballage produit-fini	G (accélération) / choc indirect
Emballage endommagé	Rongeur
Palette s'affaisse	Insecte
Décoloration partielle du plastique	UV / IR
Pièce et carton sales (respect du produit)	Empoussièrement
Soudabilité des composants non conformes	Oxydation
Endommagement du composant dû à une décharge électrostatique	Charges électrostatique
Affaissement des cartons - Gerbage -	Pression mécanique
Perte des données des cartes magnétiques	Rayonnement Électromagnétique
Écart de stock important suite au transfert entre plateforme	Mouvement / reconditionnement
Pièces refusées par le client, endommagé (UPS)	Transport
La douflin est dégradée, corps étranger dans les connecteurs	Solidité du packaging
Les propriétés antistatiques des sachets ESD ne sont plus conformes	Périssabilité du packaging
Nombreuse demande de fabrication exceptionnelle	Vol/Dégradation volontaire

Tableau 16 – Extrait de l'analyse des non-conformités au stockage

#### 4.3.3 La détermination des facteurs d'influence pour le LTS.

L'analyse et l'établissement de la liste des facteurs influents sont basés sur différentes sources d'informations :

- l'analyse des normes, correspondant aux différents points relevés dans l'état de l'art,
- l'analyse des préconisations fournisseurs,
- l'analyse empirique des non conformités relevées (présentée précédemment),

<sup>17</sup> Introduit par Kazuo Kawashima en 2002, alors vice-président Qualité du groupe Valeo, c'est une approche logique pour résoudre les problèmes complexes. Utilisant les outils classiques de la recherche de causes (5 pourquoi, PDCA, 5M, ...), il est ancré dans la culture des 3 réels : Genchi – aller voir, Genbutsu – La chose réelle, Gemjitsu – La réalité.

<sup>18</sup> L'exhaustivité des analyses, ainsi que les photos correspondantes ne peuvent être communiquées car comportant des informations sensibles que l'équipementier ne souhaite pas révéler.



- des visites de terrain sur différents sites ou des interviews des utilisateurs et des observations ont été menées.

Une fois la liste des facteurs établie, nous l'avons soumise aux différents experts-matières concernés. Le Tableau 17 présente la liste résultante, avec un classement en sous-catégories en fonction de l'emprise de l'entreprise sur le facteur.

Niveaux de Maitrise	Paramètres	Conditions indésirables
Subie	Température	Trop bas
Subie		Trop haut
Subie		Variation brutale
Subie	Hygrométrie	Trop bas
Subie		Trop haut
Subie		Variation brutale
Subie	Salinité	Trop haut
Subie	Environnement Alcalin	Trop haut
Subie	Environnement Acide	Trop haut
Subie	Séparation des éléments par gravité (électrolyte)	Trop statique
Subie	Migration des éléments	Temporelle
Moyennement contrôlable	Vibration	Spécifique
Moyennement contrôlable	G (accélération) / choc indirect	Trop haut
Moyennement contrôlable	Rongeur	Spécifique
Moyennement contrôlable	Insecte	Spécifique
Contrôlable	UV / IR	Trop haut
Contrôlable	Empoussièrement	Trop haut
Contrôlable	Oxydation	Trop haut
Contrôlable	Charges électrostatique	Trop haut
Contrôlable	Pression mécanique	Trop bas
Contrôlable		Trop haut
Contrôlable	Rayonnement électromagnétique	Trop haut
Surveillable	Mouvement / reconditionnement	Mal adapté
Surveillable	Transport	Mal adapté
Surveillable	Solidité du packaging	Mal adapté
Surveillable	Périssabilité du packaging	Mal adapté
Surveillable	Vol/Dégradation volontaire	Extérieur

Tableau 17 – Paramètres d'influence sur les conditions de stockage

Ce qui ressort de tous ces relevés et interviews est relativement basique mais pour autant souvent négligé : « *Plus longtemps le produit est stocké, plus ses conditions de stockages influent sur sa qualité* ». Ce constat *a posteriori* évident ne l'est pas autant quant à la mise en place des solutions de contrôle de ces conditions. De plus, le caractère « négligeable » de certaines conditions au quotidien peut amener à des situations fatales pour le produit final, précisément lorsque plusieurs négligences coïncident. Il en est de même pour les coûts de stockage lors de l'étude des hypothèses



de remédiation. Nous verrons ainsi plus loin que le packaging ne peut plus être dissocié tant il influe sur le devenir du produit.

Le deuxième élément est également basique mais n'est pour autant pas toujours considéré ou simplement réfléchi : « Tout n'est pas stockable sur le long terme. Pour certains éléments, notamment organiques, peu importe le procédé, le temps fera son œuvre ». C'est le cas par exemple de certains filtres UV qui ne sont activés que pour une période donnée lors du procédé d'injection plastique. Ce type de filtres se dégrade par le phénomène d'évaporation du principe actif.

Dans le quotidien des productions de masse, ces problématiques ponctuelles de transports, chutes de pièces, dégradations diverses, vol, ... ne sont que peu visibles. Cela s'explique par le principe d'une analyse ponctuelle en Pareto des problèmes rencontrés. Il arrive très rarement que le stockage en particulier soit le plus coûteux ou le plus impactant à l'instant de l'analyse et en méconnaissance du devenir de ce stock (obsolescence, dégradations prématurés, incidents imprévisibles, ...). Lorsqu'un stockage « à long terme » est en cours, son maintien peut induire un besoin fortement croissant et coûteux de pièces complémentaires. Il est donc indispensable d'identifier les conséquences à long terme et mettre en place des actions de suivi pour limiter les risques, certes conséquentes au quotidien, mais très problématique sur le long terme. L'une des actions est la capacité d'estimer l'espérance de stockabilité d'un composant ou d'une matière.

#### 4.3.4 Espérance de stockabilité en fonction des matières

C'est à partir des normes et standards puis d'interprétation des experts mécaniques et fiabilistes que la matrice des conditions influences des matières a été établies. Elle résulte de la combinaison des conditions climatiques, des facteurs d'influences ainsi que des matières mises en œuvre. Le Tableau 18 présente celle-ci de manière simplifiée. Sa lecture est assez simple pour chaque matière (ligne), la case située au croisement avec le paramètre recherché (colonne), contient le nombre d'années maximum auquel doit se limiter l'exposition. Par exemple une température ambiante trop basse (nous excluons des températures extrêmes obtenue artificiellement) n'a pas d'influence sur le métal, la combinaison propose 99 ans. En revanche, pour la combinaison électronique et hygrométrie trop forte l'espérance de vie n'est que de 2 ans. La mention « ND » pour « Non Déterminé », est principalement présente sur deux types matières : les composants électromécaniques et les éléments de la rubrique emballage et divers. Cela vient principalement du fait qu'il n'a pas été possible de définir une règle générale pour ces deux segments. Cette situation s'explique par la combinaison de matières nécessaire pour ce type de produits qui, de fait, offre une multitude de facteurs, qui plus est, quelquefois antagonistes. Ce dernier point relevé est alors devenu extrêmement problématique et révélateur d'éléments précédemment négligés. Rappelons que le stockage à long termes ne concerne pas que les composants élémentaires encore moins mono-matière mais concerne aussi des sous-ensembles voir des produits finis. De plus, le stockage à long terme concerne aussi les pièces de maintenance qui, dans la même logique, doivent pour les mêmes raisons être évaluées et correctement stockées. C'est également pourquoi cette matrice est aujourd'hui une base de travail qui ne cessera d'évoluer de manière empirique et scientifique au fur à mesure des essais, résultats et avancées sur le sujet et qui devrait être mené par les équipes de fiabilités, production et qualités produits.



Maitrise	Subie										Moyennement contrôlable			Contrôlable							Surveillable						
	Paramètre	Température	Hygrométrie				Salinité	Environnement Alcalin	Environnement Acide	séparation des éléments par aridité (électrolyte)	Migration des éléments	Vibration	G (accélération) / choc indirect	Rongeur	Insecte	UV / IR	Empoussièrément	Oxydation	Charges électrostatique	Pression mécanique		Rayonnement Electromagnétique	Mouvement / reconditionnement	Transport	Solidité du packaging	Périsabilité du packaging	Vol/Dégradation volontaire
Condition ordinaire			0-40	20 - 50	25 km	Non														Non	Temporelle						
Condition		Trop bas	Trop haut	Variation brutale	Trop bas	Trop haut	Variation brutale	Trop haut	Trop haut	Trop haut	Spécifique	Trop haut	Spécifique	Spécifique	Trop haut	Trop haut	Trop haut	Trop haut	Trop bas	Trop haut	Trop haut	Mal adapté	Mal adapté	Mal adapté	Mal adapté	Extérieur	
Matière *nd = non déterminé																											
Métal ferreux	99	99	99	99	0	5	0	0	0	0	99	2	5	99	99	99	99	99	99	99	99	2	2	2	2	2	
Métal non ferreux	99	99	99	99	99	99	99	2	2	99	99	2	5	99	99	99	99	99	99	99	99	2	2	2	2	2	
Plastique et résine	99	5	0	2	99	0	99	2	99	99	99	99	5	99	99	2	99	99	99	0	99	99	5	5	2	2	
Electronique	99	2	2	99	2	2	0	0	0	2	99	0	0	2	2	0	0	0	99	0	0	0	0	0	2	0	
Lampe	99	99	4	99	4	4	2	0	0	99	99	2	0	99	99	99	99	99	99	0	0	0	0	0	2	2	
Electromécanique	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2	2	
Emballage et divers	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2	2	

Tableau 18 – Matrice simplifiée du temps maximum admis d'exposition à un environnement par type de matière

## 4.4 Modèle d'association Matières/Facteurs climatiques relativement au LTS

Le besoin de classer vient de la nécessité de normaliser les outils à développer en support comme la localisation et le dimensionnement à la fois des infrastructures de stockage et les composants et matériaux à stocker. Ces outils peuvent être uniquement orientés vers un usage d'experts. Cependant, il n'existe pas d'expert se revendiquant de la logistique opérationnelle orienté notamment vers le stockage sur le long terme. De plus, Valeo compte 6675 logisticiens, autant d'utilisateurs potentiels qui peuvent se retrouver à réagir à un LTS. D'autre part, il serait utopique de penser une méthode induisant la formation de l'ensemble des logisticiens, avec des taux de rotations du personnel de plus de 30% dans certains pays. Pour toutes ces raisons et bien que la problématique soit complexe, il est impératif de garder en permanence à l'esprit que les données à collecter et les outils développés doivent rester particulièrement accessibles au plus grand nombre et vulgarisés au maximum.

### 4.4.1 La classification des matières

Afin de permettre la recherche des paramètres à adapter à chaque produit et/ou référence, la question d'une classification se pose.

Il existe différentes classifications des produits, notons par exemple la nomenclature douanière internationale ou encore le code « Bossard ». Ces nomenclatures extrêmement détaillées ont un principal défaut, elles s'intéressent aux fonctions du produit plus qu'à la constitution de celui-ci en termes d'éléments et de matière. Une logique par composition des matières comparable à la table de Mendeleïev a également été envisagée mais celle-ci, bien que très précise, s'avère impossible à mettre en œuvre de manière pratique. Certains fournisseurs refusent de communiquer le détail des constituants. Toutefois, au cours de l'une des études internes, a été proposé d'appliquer simplement le système de connaissance interne. En effet, il se trouve que Valeo dispose en interne d'une classification suffisamment fine et efficace pour s'adapter à notre problématique. Celle-ci s'appelle la segmentation achats. Le Tableau 19 ci-dessous présente les 2 premiers niveaux de la segmentation. La classification complète est fournie en Annexe F.

Com. Code	Description des Commodités	Seg. Code	Description des segments
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL
		AC	CAST IRON
		AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES
		AE	STEEL TURNING AND MACHINING
		AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL
		BB	ROLLED ALUMINUM
		BC	NON FERROUS CASTING
		BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK
		BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM
		BH	HYDRAULIC COMPONENTS
		BJ	NON FERROUS HOT FORGING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS
		CB	CHEMICALS
		CC	PLASTICS TECHNICAL PLASTIC PARTS
		CD	PLASTICS ASPECT PARTS

		CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES
		CG	RUBBER PARTS
		CH	FOAMS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS
		EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS
		EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES
		ED	PCBA
		EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES
		EF	WELDING MATERIALS
		EG	PCB
L	OTHER SEGMENTS	KA	CONTRACT WORK
		KB	PACKAGING
		KC	FIBERS, WIRES AND THREADS
		KD	RAW MATERIAL FOR FRICTION MATERIALS
		KE	BOWDEN CABLES
		KF	PTC
		KG	BATTERIES AND ACCUMULATORS
		KH	MECHANICAL RESISTORS
		KJ	CAMERA LENSES
		KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS
		KM	MIRRORS
		KZ	NOT CLASSIFIED YET
		LIGHTING COMPONENTS	LA
	LB		GLASS LENSES
	LC		SOCKETS
	LD		ELIPTIC MODULE
	LE		INTERIOR LIGHTING MODULE
	M	ELECTRO MECHANICS	MB
MC			WIRE HARNESSSES AND CABLES
MD			MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES
ME			BEARINGS, PULLEYS
MF			FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS

Tableau 19 – Extrait de la classification des matières Valeo

La classification présente 7 segments, eux-mêmes découpés en commodités qui sont au nombre total de 48. Ces 48 commodités sont également détaillées en catégorie puis en technologie, pour respectivement 226 et 572 descriptions. Dans le cadre de l'étude, nous sommes pour le moment restés au niveau de segmentation.

#### 4.4.2 La classification climatique des sites

L'entreprise étudiée est une multinationale comptant plus d'une centaine de sites. De plus, au gré des besoins et des plans stratégiques, ce nombre évolue régulièrement de par les créations, fusions, acquisitions, cessions et fermetures. La classification climatique des sites doit rester valable quel que soit le changement du réseau des sites à considérer. Ça doit aussi être compatible avec l'intégration,



dans un deuxième temps, des sites des fournisseurs, en l'occurrence sur tous les continents et selon toutes les conditions de climat.

Un autre élément important qui fut considéré est l'absence d'expert en stockage ou climat au sein de l'entreprise et chez les fournisseurs. La cartographie et la classification des sites doivent par conséquent être accessibles. Ce paramètre a fait l'objet d'une étude comparative qui a permis de mettre en avant la classification climatique de Koppen-Geiger qui semblera, de loin, la plus accessible et manœuvrable. Les termes utilisés dans cette classification sont accessibles et l'accès via une simple recherche sur le net est possible. Il y a, en effet, un taux de réponse de 100% pour toutes les localisations de plus de 30 000 habitants.

Le choix de la classification climatique est effectué en fonction de 4 critères :

- (i) la température,
- (ii) l'humidité,
- (iii) le nombre de sections
- (iv) et l'accessibilité au personnel non expert.

Considérant les deux premiers critères, les classifications Index d'aridité, Alisov et De Martonne ont été exclues. La première ne considère pas la température, les deux suivantes considèrent la température enregistrée sans la décorrélérer de l'humidité, ce qui dans notre cas d'application ne convient pas.

Considérant le nombre de sections et leur utilité dans le LTS de l'automobile, les classifications de De Martonne et de Trewartha sont rejetées. La première l'a été à cause du nombre insuffisant de sections considérées, seulement 6 combinaisons de température et d'humidité. La classification de Trewartha a été écartée parce qu'elle n'est pas disponible dans le monde entier, réduisant ainsi le champ d'utilisation pour le réseau mondial de Valeo.

Quant au quatrième élément : l'accessibilité des données, les classements restants viables à ce stade sont Holdridge, Thornthwaite, Troll & Paffen et KoppenGiegger. Le but ultime est de permettre une évaluation simple et précise, avec un taux d'erreur aussi faible que possible. Pour cela, nous avons vérifié la facilité d'obtention des données pour chacune de ces classifications restantes.

La classification de Holdridge utilise une matrice où les données de base sont les précipitations, l'évapotranspiration potentielle et la température annuelle moyenne. Ces données ne sont pas fondamentalement disponibles, en particulier l'évapotranspiration potentielle. Cela nous a amené à éliminer la Holdridge.

La classification climatique de Thornthwaite est un système qui divise les climats en 2 groupes en fonction de la végétation qui les caractérise. La végétation est qualifiée par l'efficacité de précipitation  $P/E$  ;  $P$  étant la précipitation totale mensuelle et  $E$  le total d'évaporation mensuelle. La somme des valeurs mensuelles  $P/E$  donne l'indice  $P/E$ , utilisé pour définir cinq provinces d'humidité, avec une végétation associée. Un indice  $P/E$  supérieur à 127 (humide) indique une forêt pluviale ; 64-127 (humide) indique une forêt et 32-63 (subhumide) indique une prairie ; 16-31 (semi-aride) indique une steppe ; moins de 16 (aride) indique le désert. En 1948, le système a été modifié pour incorporer un indice d'humidité, qui relie la demande en eau des plantes aux précipitations disponibles, au moyen d'un indice d'évapotranspiration potentielle (PE), calculé à partir des mesures de la température de l'air et de la durée du jour. Dans les régions arides, l'indice d'humidité est négatif car la précipitation est inférieure à celle du PE. Le système utilise également un indice d'efficacité thermique, avec des températures mensuelles accumulées allant de 0, donnant un climat de gel, à plus de 127, donnant un climat aride (Oliver 2008). Cette classification est très intéressante, mais il est difficile de trouver les données et de calculer le résultat.



La classification de Koppen est la classification climatique la plus utilisée au monde et est, par conséquent, très bien documentée.

L'analyse se fait sur 2 échelles de taille, la 1ère étape compare la capacité à trouver la classification de classe climatique sur un panel de 10 grandes villes à travers le monde. La seconde est la capacité de trouver la classification du climat sur un panel de 10 villes moyennes. Les villes qui ont été choisies pour cette étude ont volontairement été désignées sur différents continents et différents climats supposés pour ne pas favoriser un système vis-à-vis d'un autre.

Les 10 grandes villes sont : Paris (France), New-York (USA), Abuja (Nigeria), Johannesburg (Afrique du sud), Moscow (Russie), Sydney (Australie), Sao-Paulo (Brésil), Mexico (Mexique), Pekin (Chine) and Bombay (Inde). Les 10 villes moyennes sont : Cordoba (Argentine), Alliston (Canada), Turku (Finlande), Gyeongju (Corée du sud), Rio Bravo (Mexique), Uitenhage (Afrique du sud), Martos (Espagne), Goete-borg (Suède), Chonburi (Thaïlande), Gemlik (Turquie).

La carte ci-dessous donne leurs localisations et le tableau qui suit donne une idée de la disponibilité des données à travers les différentes classifications considérées.

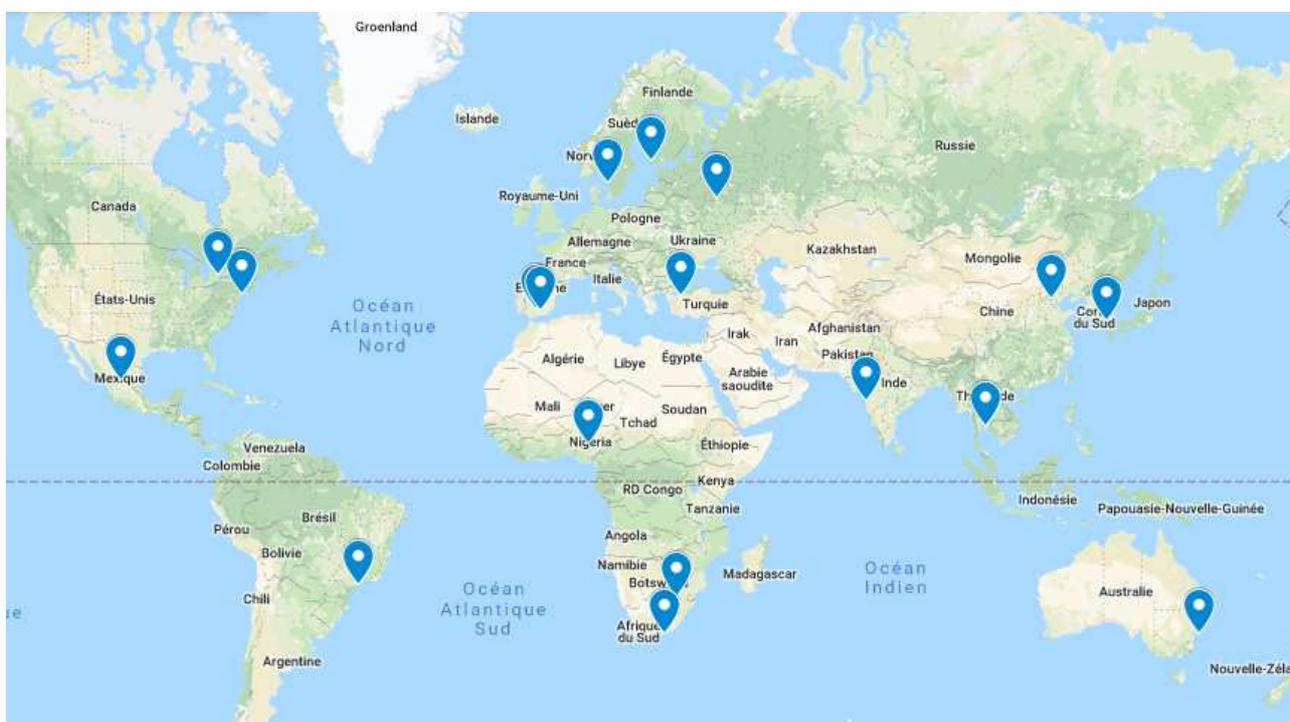


Figure 39- Localisation des villes test

Villes	Holdridge	Thornthwaite	Troll and Paffen	Koppen Gieger
Paris	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cfb
New York	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Ufa
Abuja	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Aw
Johannesburg	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cwb
Moscow	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Ufb
Sydney	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cfa



Sao-Paulo	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cfa
Mexico	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cwb
Beijing	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Uwa
Bombay	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Aw
Cordoba	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cwa
Alliston	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Ufb
Turku	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Ufb
Gyeongju	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Cwa
Rio Bravo	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Am
Uitenhage	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	BSh
Martos	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Csa
Goeteborg	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Ufa
Chonburi	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Aw
Gemlik	pas de résultat	pas de résultat	pas de résultat	Csa

*Tableau 20 – Disponibilité des données de classification climatique des 4 méthodes considérées à travers une sélection de grandes et moyennes villes*

Sans volonté d’orienter le choix, le Tableau 20 explique, sans ambiguïté, le choix de la classification de Koppen-Geiger que nous considérons, de loin, la plus accessible et documentée. Le résultat via la recherche Google est quasi-instantanée et sera vérifiée par la suite sur un panel de 150 sites Valeo.

## 4.5 LTS, analogie avec le vin

Durant nos travaux de recherches, nous avons été amenés à exposer et vulgariser la problématique du stockage. Pour ce faire nous avons utilisé une bouteille de vin à la place d’un composant entrant dans la composition d’un système dont nous avons la responsabilité de fourniture sur le long terme. Bien qu’il n’ait pas été systématiquement nécessaire de l’utiliser, la bouteille de vin s’est avéré être un bon moyen pédagogique pour un public pas toujours averti, pour expliquer l’analyse que l’on doit faire quant au stockage à long terme de la vie quotidienne. Cela permet d’expliquer facilement que seules des conditions particulières permettront un résultat optimal dont la qualité du vin en est un contributeur crucial.

### 4.5.1 Connaissances actuelles de la conservation du vin

De l’usage que l’on fera du vin (vin de table, de dégustation, de cérémonie, vin onéreux et prestigieux, ...) dépendra les conditions de stockages, néanmoins, le stockage du vin ne s’improvise pas ! Si vous avez pris soin de vous constituer une très belle cave, vous prendrez grands soins d’appliquer les principes de « la garde » des grands crûs au risque qu’ils ne finissent dans l’évier.





Figure 40 – ROMANÉE CONTI grand cru 2014

L'une des conditions les plus primordiales sera de le garder dans un endroit frais. La température a un impact direct sur l'évolution du vin. Les producteurs s'accordent sur le fait que la température de la cave idéale se situe aux environs de 12°C. Le vin supportera une variation de température si celle-ci ne dépasse pas les 15°C. D'après certains avis, une oscillation de température, dans la mesure où l'on évite les écarts brusques, permettrait même au vin de se développer dans le bon sens.

L'hygrométrie est également importante, en évitant le dessèchement du bouchon de liège, ainsi nourri et gonflé d'humidité, celui-ci permettra de garantir la parfaite étanchéité au liquide tout en garantissant un échange à l'air suffisant. Si la cave est trop sèche, le bouchon finira par sécher et laisser passer de l'air en trop grosse quantité, le vin en deviendrait alors impropre à la consommation. L'hygrométrie attendue se situe entre 70 et 90 % ; ce niveau couplé à une température supérieure à une dizaine de degrés sera un environnement tout à fait favorable aux micro-organismes qui se délecteront des étiquettes qu'il sera alors difficile de préserver dans les conditions d'origine.

L'exposition à la lumière du soleil, notamment à la forte concentration en spectre ultra-violet et infra-rouge par réaction chimique de liquide organique aura pour effet de le vieillir prématurément.

Pour ce qui est du stockage de vin, le stockage peut se faire « couché » dans tous les cas ; debout uniquement lorsque que le bouchon est en matière inerte (plastique, capsule métallique, ...). Pour la même raison que le niveau d'hygrométrie, le contact entre le vin et le liège est nécessaire pour maintenir une bonne étanchéité.

#### 4.5.2 L'analyse de la composition matière

La Figure 41 présente les paramètres de stockage en bouteille qui conditionnent l'évolution du vin. Cela est légèrement simplifié ramenant le système à 4 composants :

1. le vin, liquide qu'il faudra maintenir dans une condition acceptable de consommation,
2. l'étiquette, permettant de l'identifier et d'assurer sa traçabilité – négligeable sur un vin bas de gamme, l'état de l'étiquette tiendra une part importante dans l'estimation de la valeur et donc du prix de vente d'un grand cru,
3. le bouchon interface mécanique d'étanchéité et
4. la bouteille elle-même, qui assure la fonction de conditionnement.

	Quoi	Paramètre	Pourquoi
	Bouchon	Humidité = 70 to 90 %	Assurer une bonne étanchéité
	Bouchon sur verre	Pas de choc thermique	Assurer une bonne étanchéité
	Vin	Température = 12 à 15°C	Obtenir une maturation optimale du vin
	Vin	Limiter l'exposition aux UV	Eviter une réaction chimique
	Verre	Conditionnement durable	Maintenir dans le temps
	Etiquette	Identification et traçabilité	Identifier la bouteille

Figure 41 – Condition paramétrique de stockage du vin

On observe sur les bouteilles hautes de gammes, que le choix des matériaux a été effectué avec soin. Celui-ci est fait pour optimiser la qualité et la durée de conservation du vin. En effet, pour le choix de la bouteille en verre colorée, le verre est choisi pour sa durabilité (le verre est cassant mais incroyablement durable). Le fait qu'il soit coloré, n'est pas non plus une lubie de designer, cela lui permet de protéger le liquide sensible aux rayons de lumière. Le liège sera d'un seul tenant de premier choix. Cela lui permettra une homogénéité assurant une étanchéité régulière sur toute sa longueur, ainsi qu'au transfert hygrométrique de pleine masse. L'étiquette a la durée de vie la plus incertaine, il appartiendra au propriétaire de la préserver des assauts de l'humidité et du temps. Si rien n'est fait, la biodégradation se fera naturellement. Un suremballage preservativeur de celle-ci serait certainement envisagé, si nous avions à traiter ce cas de stockage sur le long terme.

#### 4.5.3 Le « Bio-mimétisme », une solution économique

Sur le principe du stockage du vin, on s'aperçoit que le fait de disposer d'une cave, permettra d'obtenir le meilleur résultat à un coût très faible. Sur ce constat, nous avons recherché comment minimiser les coûts tout en préservant au mieux les conditions optimales de stockages. Il a fallu trouver un moyen d'obtenir « naturellement » un environnement maîtrisé, ou tout du moins, partiellement. En effet, rappelons que l'un des défis de nos travaux de recherche est de produire un



modèle de classification pour permettre un processus de stockage à long terme performant, c'est à dire efficace mais aussi efficient (à moindre coût).



Figure 42 - ©Vinaigrierie la Guinelle

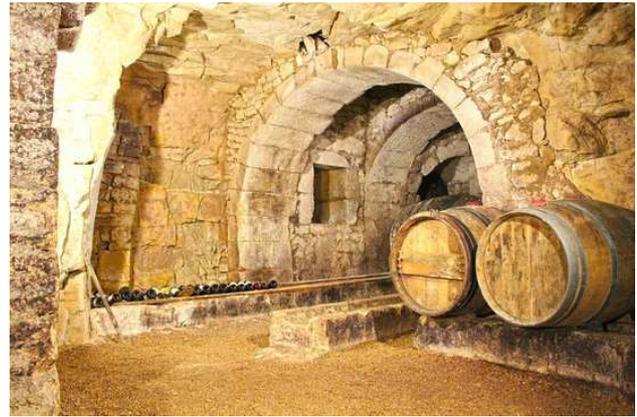


Figure 43 - Domaine de l'Enchantoir : Cave Troglodyte

C'est l'analogie avec les constats des amateurs de véhicules de collection qui a orienté notre solution. En effet, les experts véhicules mais aussi les amateurs de véhicules de collection, précisent que ces derniers provenant d'état tel que l'Arizona et qui sont stockés dans des endroits couverts sont très souvent en très bonne conditions compte-tenu de leurs âges, notamment concernant l'état des châssis et carrosseries, points noirs des voitures américaines (Figure 44).

En analysant ce fait, on s'aperçoit que le climat de l'Arizona est très aride, et ceux de manière relativement stable au cours d'une année. Ce type de climat est favorable au vieillissement des matières ferreuses. Dans cette logique, on observera, qu'à défaut de remplir 100% des critères, une bonne localisation permettra de fixer au moins des paramètres climatiques attendus avec une économie de moyen importante. A l'inverse, on observera des conditions, totalement antagoniste avec l'attendu, qu'il faudra dans la mesure du possible limiter.



Figure 44 – Climat sec favorable à la conservation des matériaux ferreux<sup>19</sup>

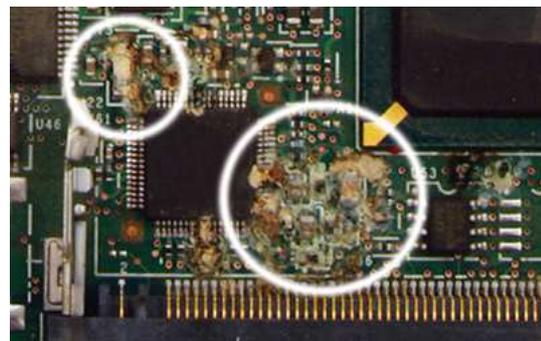


Figure 45 – Environnement humide et mal ventilé inapproprié pour le stockage de PCB

## 4.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons démontré l'utilité du LTS même hors cadre de l'obsolescence et a raréfaction des sources par le biais de deux cas réels et chiffrés. Les conditions de stockage et la

<sup>19</sup> An old trading post and abandoned car at Twin Rocks, Arizona. Picture by Clive Buckley.



notion de durée espérée (ou espérance) de stockabilité des matières et composants a été expliqué en pointant les paramètres ou facteurs clés d'influence. Le constat de la prédominance des facteurs climatiques nous a conduit à proposer une classification des matières, une autre des zones climatiques et une typologie des paramètres et modalités des conditions de stockage pour amener le problème de dimensionnement et d'estimation de la stockabilité à long terme à un problème d'affectation en l'illustrant par une analogie avec le vin. Ce qui est aussi sorti de ce travail est que le problème est d'autant plus complexe que la taille des solutions est grande puisqu'elle dépend du nombre de modalités et paramètres considérés, du niveau de détail voulu de la classification des matières et de la diversité des sites de stockage existants au sens climatique du terme. Ce chapitre fourni ainsi, tous les éléments à la résolution du problème traité au chapitre suivant.



## 5 Espérance du LTS multi-matière et mono-site



## 5.1 Introduction

Les sections suivantes présentent l'ensemble de la méthodologie de résolution proposée, à savoir l'estimation de la stockabilité pour chaque élément donné compte-tenu de sa composition matière, de son aptitude au stockage à long terme, de la disposition des sites au stockage relativement aux facteurs clés des conditions de stockage et enfin le modèle économique permettant de valuer le coût global espéré. Nous avons fait le choix délibéré de décliner cette méthodologie, non seulement via un cas d'étude réel, la clé rétractable auto, mais aussi en joignant régulièrement les instances et les résultats séquentiels du démonstrateur que nous avons développé pour le besoin. Ces travaux ont essentiellement été menés, par une construction de l'outil, dans le logiciel Excel de Microsoft, desquels les tableaux d'illustrations seront extraits. Le choix de ce logiciel répond au besoin d'une utilisation immédiate par Valeo, Excel y étant très utilisé et particulièrement maîtrisé par le plus grand nombre.

Dans ce chapitre, la construction mathématique a donc été effectuée dans un but d'apport académique, il s'agira d'une retranscription des formules Excel et de leur logique de construction, tel qu'elles sont présentes dans l'outil qui a été fourni à l'entreprise. Une première partie se consacre à la problématique des moyens/coûts de LTS, la suivante introduit la notion de contrôlabilité d'un site, la troisième dissèque notre construction de la notion de stockabilité et celle de l'aptitude au LTS. La section qui suit présente notre grille d'évaluation des coûts sur le long terme à considérer suivie d'un modèle mathématique qui permet de trouver la meilleure solution de LTS. Nous concluons ce chapitre, naturellement, par les limites de notre méthodologie et les perspectives de recherche qui en découlent.

## 5.2 Démarche de dimensionnement moyens/coûts

Afin de déterminer la faisabilité du stockage d'un composant, un modèle a été développé dans le but de supporter et vulgariser la problématique. Ce modèle est noté « LTSFM » pour *long-terms storage feasibility model*. Le principe de ce modèle est simple, rassembler l'ensemble des éléments factuels pour décider de la faisabilité et permettre en résultat de proposer une combinaison optimale de condition en vis-à-vis des moyens disponibles.



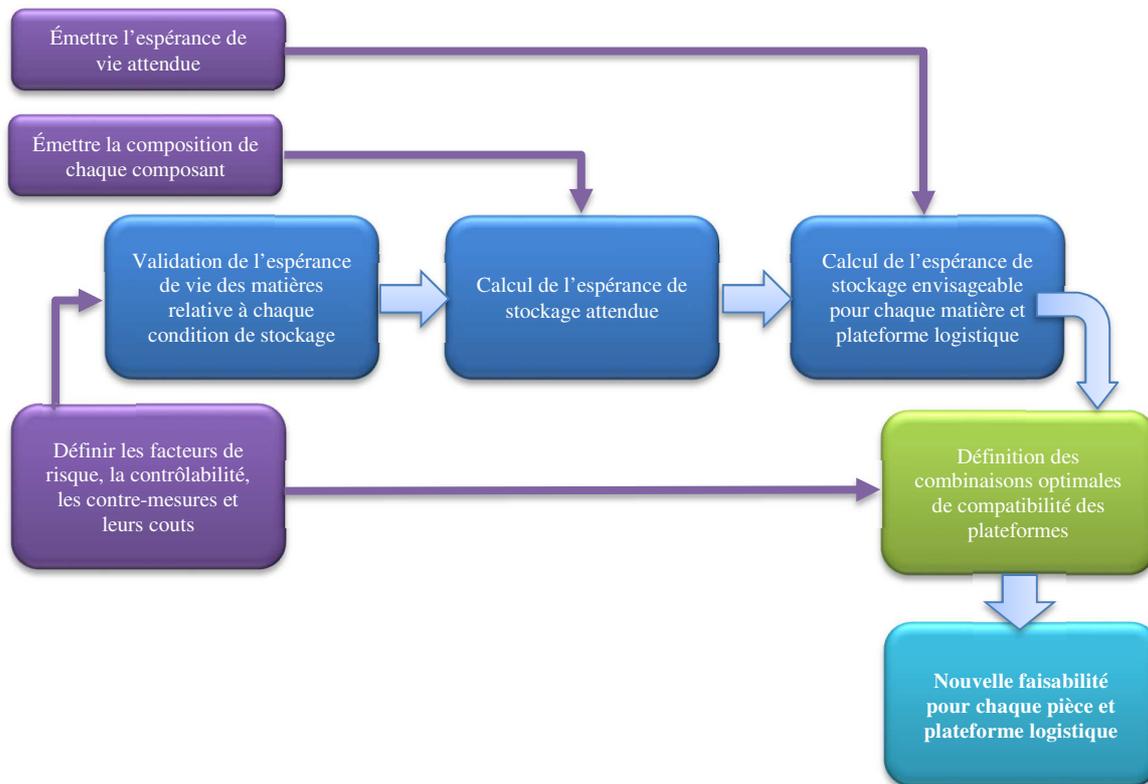


Figure 46 - Synoptique du LTSM

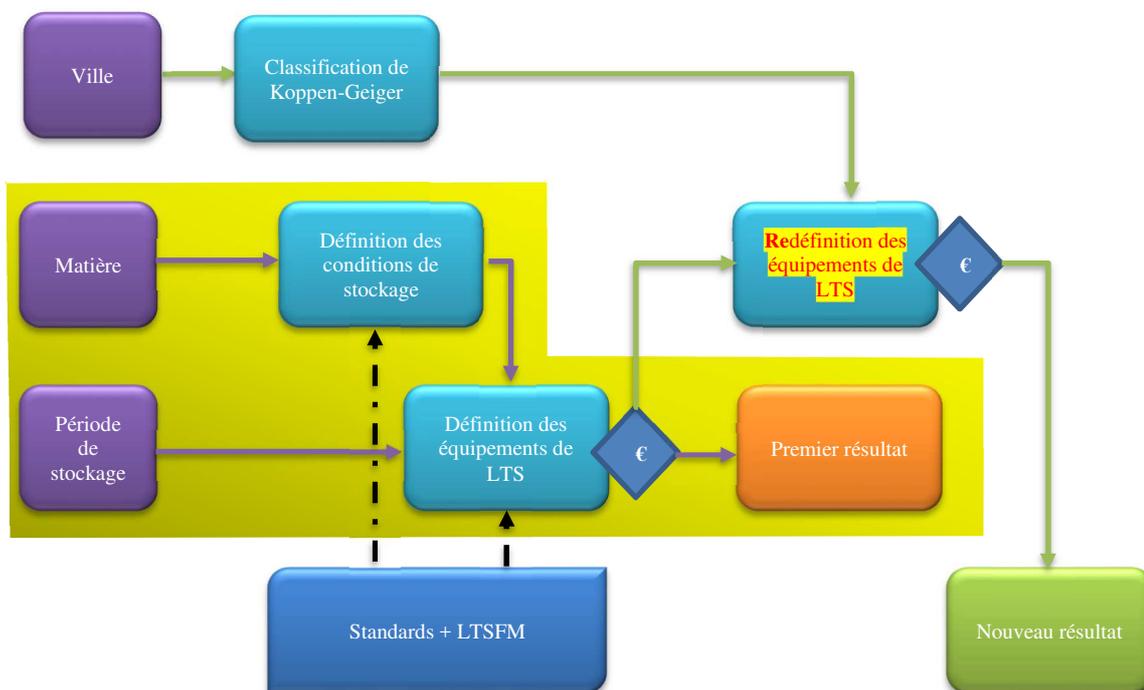


Figure 47 – Support de décision basé sur le LTSM

L'utilisation locale du support de décision permet de faire valider le meilleur rapport de coût en confirmant qu'il n'y a pas d'incompatibilité de climat. L'objectif de ce modèle est de supporter un logisticien local qui aurait à évaluer rapidement la faisabilité d'un LTS. Ainsi, en se référant à la ville,



la matière et la période de stockage, ces entrées sont considérées comme un cahier des charges que l'outil compare aux éléments de bases de données afin de limiter les équipements au strict nécessaire. Cela permet de faire un LTS fiable au meilleur coût global.

Si en revanche, une incompatibilité de climat est détectée, alors, l'outil découragera le LTS en indiquant que le stockage ne devrait pas aller au-delà de 2 ans. Il sera évidemment possible pour le décideur de maintenir la décision de LTS en local mais cela sera en connaissance de cause (Sollicitations excessives des équipements pouvant entraîner des coûts supérieurs aux standards et des risques importants de défaillance).

Un démonstrateur a été développé sur le tableur Excel pour valider la logique méthodologique que nous avons eue et permettre d'affiner la partie optimisation qui donne des affectations les moins coûteuse pour le LTS. Une étape dans le démonstrateur consiste à fournir la liste des matières et la période de stockage. De la liste des matières sont déterminées les conditions de stockages à mettre en œuvre. Il s'agit de paramètres de LTS comme la température et l'humidité dont il faudra vérifier la « contrôlabilité » sur les plateformes logistiques considérées. Enfin l'estimation de l'espérance de stockabilité (définie dans une section suivante) permettra en combinaison avec les matières définies de prévoir des moyens adaptés et d'en définir les coûts à supporter.

Une autre étape dans le démonstrateur est désignée « contrôlabilité des sites » et qui consiste en la prise en compte de la localisation de la plateforme où une base de données indique la classe de Koppen-Geiger à laquelle elle correspond. Cela permet de retrouver les conditions locales d'environnement pour induire les besoins en matériels une nouvelle estimation des coûts éventuels de mise en adéquation pour le LTS. Cette proposition ne donnera pas « que vers » l'économie, car si l'environnement est défavorable, viendra défavorablement impacter le coût de stockage, les équipements de stockage étant beaucoup plus sollicités.

Si l'utilisateur cherche une solution pérenne ou à meilleur coût, il pourra se tourner vers le modèle multi-site présenté dans la section 5.6.

### 5.3 Contrôlabilité des sites de stockage

L'une des premières questions que le logisticien se pose lors d'une analyse de l'opportunité du LTS est le lieu de stockage. Intuitivement, il prend en compte les considérations quantitatives comme la capacité à contenir les quantités de composants sur tout un cycle de vie d'un produit client, des moyens de transports sur une durée longue et des consommables de conditionnement et de stockage. Cela a pour effet d'aborder plus précisément la question du coût du LTS où très souvent, les quantités de pertes lors d'un stockage en raison de la fiabilité intrinsèque des composants ou des conditions de stockage du lieu, restent très hypothétiques. Ces deux éléments : la fiabilité au stockage et l'influence des conditions de stockage représentent un champ de recherche peu traité.

Dans notre travail d'analyse du LTS, nous prenons comme hypothèse que les taux statistiques de défaillance en stockage fournis par les fiabilistes sont suffisamment viables. Il reste la connaissance plus rigoureuse des conditions de stockage que le site présente. C'est un élément important de l'évaluation des coûts puisque le choix d'un site adapté et disposant des moyens de contrôle des conditions de stockage peut s'avérer loin ardu et coûteux.

La première phase de la méthodologie d'analyse du LTS est la définition de la contrôlabilité d'un site de stockage. Cette notion de contrôlabilité permet d'évaluer la capacité d'un site à contrôler un paramètre de stockabilité. En exemple, un site peut disposer de moyens ordinaires de



contrôle de la température alors qu'il est situé dans une région où intrinsèquement, les piques de chaleurs et/ou des vagues de froid intense sont régulièrement enregistrés.

Naturellement, pour se prémunir d'éventuelles dégradations des stocks en raison du climat, il est possible d'analyser les sensibilités aux environnements climatiques relevées pour chaque commodité de matière. L'idée de départ est de (re)constituer une matrice d'adéquation du LTS de chaque matière au climat du site considéré. Elle permettra d'écarter rapidement des sites de stockage ou encore d'évaluer l'ampleur des investissements permettant la contrôlabilité de toute ou une partie des paramètres de LTS (à revoir au Tableau 17). Encore une fois, cette matrice permettra de réduire la difficulté de calculer l'espérance de stockage d'une matière ou même d'un composant pour chaque site (sections suivantes).

Lorsqu'il est question de matières, le travail est peu laborieux comme le montre le Tableau 21. En se penchant sur les caractéristiques de chaque classe de climat de Koppen-Geiger, il est possible d'établir, via une notion de risque, 3 dispositions : « favorable (F) », « neutre (N) » ou « défavorable (D) ». A noter qu'à ce stade, seule la matière est considérée, c'est-à-dire sans les équipements de maintien des conditions optimal et de surveillance. De plus, la fiabilité du résultat dépend directement de la qualité de l'expertise.

La réalité du terrain et la rigueur du logisticien oblige à se pencher sur le détail, à la fois, de la classification des matières et celle des climats selon Koppen-Geiger. La section suivante montre justement la méthode proposée pour faciliter la production d'une matrice de contrôlabilité des paramètres de LTS en fonction d'une classe Koppen-Geiger de climat.



		Matières						
		Métal ferreux	Métal non ferreux	Plastique et résine	Électronique	Lampe	Électromécanique	Emballage et divers
Climat selon la codification K-G	Af	D	N	N	D	N	N	D
	Am	D	N	N	D	N	N	D
	Aw	F	N	D	F	N	N	F
	As	F	N	D	F	N	N	F
	BWh	F	N	D	F	N	N	F
	BWk	F	N	D	F	N	N	F
	BWn	F	N	D	F	N	N	F
	BSh	F	N	D	F	N	N	F
	BSk	F	N	D	F	N	N	F
	BSn	F	N	D	F	N	N	F
	Cfa	D	N	N	D	N	N	D
	Cwa	D	N	N	D	N	N	D
	Cfb	N	N	N	N	N	N	N
	Cwb	N	N	N	N	N	N	N
	Cfc	N	N	N	N	N	N	N
	Cwc	N	N	N	N	N	N	N
	Csa	N	N	N	N	N	N	N
	Csb	N	N	N	N	N	N	N
	Csc	N	N	N	N	N	N	N
	Dfa	N	N	N	N	N	N	N
	Dfb	N	N	N	N	N	N	N
	Dfc	N	N	N	N	N	N	N
	Dfd	N	N	D	N	N	N	N
	Dwa	N	N	N	N	N	N	N
	Dwb	N	N	N	N	N	N	N
	Dwc	N	N	N	N	N	N	N
	Dwd	N	N	D	N	N	N	N
	Dsa	N	N	N	N	N	N	N
	Dsb	N	N	N	N	N	N	N
	Dsc	N	N	N	N	N	N	N
	Dsd	N	N	D	N	N	N	N
	ET	N	N	D	N	N	N	N
	EF	N	N	D	N	N	N	N

Tableau 21 – Matrice d'adéquation de d'un climat au LTS des matières

### 5.3.1 Relier les paramètres LTS et climatiques

Rappelons que le but est d'exploiter ce que nous savons du climat pour évaluer le besoin de contrôle de ces paramètres et ainsi estimer le niveau d'investissements nécessaire pour le site pressenti. Nous proposons d'utiliser, en toute logique, des caractéristiques mêmes du climat. En d'autres termes, nous proposons de produire, sous le contrôle d'experts, une matrice indiquant le niveau d'adéquation entre un paramètre du climat et un autre de LTS. Nous avons, pour ce faire, choisi comme paramètre climatique : le chaud, le froid, le milieu sec et humide. Le Tableau 22 présente le résultat de l'analyse d'adéquation en intégrant dans le choix, la condition (ou modalité), la contre-mesure et l'outil de surveillance envisageables.

Paramètres de LTS		Paramètres climatiques			
		Chaud	Froid	Sec	Humide
Temperature	Too low	F	D	N	N
	Too high	D	F	N	N
	Sudden change	D	N	N	N
Hygrometry	Too low	D	N	D	F
	Too high	N	N	N	D
	Sudden change	D	N	D	D
Salinity	Too high	N	N	N	D
Environment pH	Too alkaline	N	N	N	N
	Too acide	N	N	N	N
Element separation by gravity (liquid)	Too static	N	N	N	N
Element migration	Temporal	N	N	N	N
Vibration	Specific	N	N	N	N
G-force / Indirect shock	Too high	N	N	N	N
Rodent	Specific	N	N	N	N
Insect	Specific	N	F	F	D
UV / IR irradiation	Too high	N	N	N	N
Dust	Too high	N	N	N	N
Oxydation	Too high	N	N	F	D
Electrostatic discharge	Too high	N	N	D	F
Mecanical pressure	Too low	N	N	N	N
	Too high	N	N	N	N
Electromagnetic radiation	Too high	N	N	N	N
Motion / re-packaging	Not appropriate	N	N	N	N
Transport	Not appropriate	N	N	N	N
Packaging reliability	Not appropriate	N	N	N	N
Perishable packaging	Not appropriate	N	N	N	N
Theft / Malicious damage	Extern	N	N	N	N

D = défavorable, F : favorable, N : neutre  
Tableau 22 – Analyse des paramètres Climat/LTS

La mention « Défavorable » (respectivement « Favorable ») signifie qu'en général, lorsque la modalité du paramètre climatique est avérée - *eg.* « faire chaud » (respectivement « faire froid ») -, la situation est alors défavorable (respectivement favorable) quant à la contrôlabilité du



paramètre de LTS considéré. La mention « neutre » indique que le phénomène n’agit pas - avec les connaissances actuelles – sur le paramètre de LTS.

Les paramètres climatiques serviront à relier le précédent tableau à la classification de Koppen-Geiger à la section qui suit.

### 5.3.2 Analyse de la classification de Koppen-Geiger

A ce stade, ce qui relie les codes climats aux paramètres de LTS est à définir. Basé sur les éléments décrits dans le choix de climat et plus précisément celui concernant la classification de Koppen, la classification adoptée se résume comme suit (Tableau 23) :

Classe	Types de climats	
A	Équatorial	Af
	Mousson	Am
	Savane	Aw, As
B	Désertique	BWh, BWk, BWn
	Semi-aride	BSh, BSk, BSn
C	Subtropical humide	Cfa, Cwa
	Océanique	Cfb, Cwb, Cfc, Cwc
	Méditerranéen	Csa, Csb, Csc
D	Continental humide	Dfa, Dwa, Dfb, Dwb
	Subarctique	Dfc, Dwc, Dfd, Dwd
	Continental méditerranéen	Dsa, Dsb, Dsc, Dsd
E	Toundra	ET
	Inlandsis ou calotte glaciaire	EF

Tableau 23 – Indexation des types de climats

Avec les codes d’amplitudes de climat ci-dessous pour les Classes B, C et D (Tableau 24) :

S'applique à	Code	Description
C-D	a : été chaud	Température moyenne du mois le plus chaud > 22 °C
C-D	b : été tempéré	Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C
		Températures moyennes des 4 mois les plus chauds > 10 °C
C-D	c : été court et frais	Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C
		Températures moyennes mensuelles > 10 °C pour moins de 4 mois
		Température moyenne du mois le plus froid > -38 °C
D	d : hiver très froid	Température moyenne du mois le plus froid < -38 °C
B	h : sec et chaud	Température moyenne annuelle > 18 °C
B	k : sec et froid	Température moyenne annuelle < 18 °C

Tableau 24 – Indexation d’amplitude des températures

Le Tableau 25 présente la corrélation entre les paramètres climatiques choisis et l’appartenance climatique d’un site au sens de la classification de Koppen-Geiger.



Situation géographique		Chaud	Froid	Sec	Humide
Code K. G.	Af	F	D	D	F
	Am	F	D	D	F
	Aw	F	D	D	F
	BWh	F	D	F	D
	BWk	D	F	F	D
	BSH	F	D	F	D
	BSk	D	F	F	D
	Csa	F	D	N	N
	Csb	N	N	N	N
	Cwa	N	N	N	N
	Cwb	N	N	N	N
	Cwc	D	F	N	N
	Cfa	F	D	D	F
	Cfb	N	N	D	F
	EF	D	F	D	F
	Cfc	D	F	D	F
	Dsa	F	D	N	N
	Dsb	N	N	N	N
	Dsc	N	N	N	N
	Dsd	D	F	N	N
	Dwa	F	D	N	N
	Dwb	N	N	N	N
	Dwc	N	N	N	N
	Dwd	D	F	N	N
	Dfa	F	D	D	F
	Dfb	N	N	D	F
	Dfc	N	N	D	F
Dfd	D	F	D	F	
ET	D	F	D	F	

D = défavorable, F : favorable, N : neutre

Tableau 25 – Corrélation des paramètres climatiques avec la classification de Koppen-Geiger

Attention, l'interprétation des mentions est plus naturelle. « *Défavorable/favorable* » signifient, respectivement, que le paramètre climatique considéré est *avéré/rare* relativement à la classe de climat du site. La mention « *Neutre* » veut dire que le phénomène est peu observable mais pas impossible.

Pour produire une matrice des niveaux d'investissements assurant la contrôlabilité de chacun des paramètres de LTS en zone climatique donnée, nous procédons au produit des deux précédentes matrices. Avant cela, penchons-nous sur la signification du produit matriciel à éléments qualitatifs (*Déf.*, *Fav.*, *Neutre*). En fait, il est question de comparer deux à deux les modalités de chaque élément des deux matrices. Exemple : lorsque qu'il s'agit du paramètre de LTS « *Température* » avec la modalité « *Trop élevée* », elle présente la mention « *Favorable* » avec le paramètre climatique « *Chaud* ». Comment la conjuguer avec le même paramètre climatique relativement à la classe climatique BWk et qui indique aussi la mention « *Favorable* » ? Cela indique qu'un paramètre climatique favorable pour le LTS va être récurrent dans le milieu climatique BWk. Nous pouvons



alors considérer qu'il ne faille pas d'investissement particulier pour espérer contrôler les situations de températures élevées.

Niveaux d'investissements	
<b>5</b>	Contrôlabilité très coûteuse (Risque financier déraisonnable)
<b>1-4</b>	Investissements probables (Risque financier envisageable)
<b>0</b>	Aucune mise en conformité nécessaire (LTS peu risqué)

		Code Koppen G.		
		D	N	F
Paramètre	Chaud			
	D	0	1	5
	N	0	0	0
	F	1	1	0
Coûts de contrôlabilité				

		Code Koppen G.		
		D	N	F
Paramètre	Froid			
	D	0	1	5
	N	0	0	0
	F	1	1	0
Coûts de contrôlabilité				

		Code Koppen G.		
		D	N	F
Paramètre	Humide			
	D	0	1	5
	N	0	0	0
	F	1	1	0
Coûts de contrôlabilité				

		Code Koppen G.		
		D	N	F
Paramètre	Sec			
	D	0	1	5
	N	0	0	0
	F	1	1	0
Coûts de contrôlabilité				

		Environnement du site		
		D	N	F
Paramètre	Salinité			
	D	0	2	5
	N	0	0	0
	F	1	1	0
Coûts de contrôlabilité				

D = défavorable, F : favorable, N : neutre

Figure 48 – Niveaux d'investissements selon le paramètre de LTS et le climat

La Figure 48 regroupe les tables de calcul des niveaux d'investissements en fonction de l'occurrence de conditions climatiques favorable (ou non) avec la modalité LTS redoutée (ou non).

### 5.3.3 Corrélation entre le niveau des investissements et la contrôlabilité d'un site

Ces tables de la Figure 48 correspondent à un réel travail d'expertise perfectible tant il n'y a pas suffisamment de remontées de faits techniques encore moins économiques suffisamment précises du LTS. Le niveau 5 signifie qu'il est question d'investissement excessif et donc non-rentable et



inimaginable. C'est le cas lorsque la zone climatique est très chaude et que le paramètre de température présente une modalité redoutée : « trop élevée ». Nous pouvons imaginer que pour mettre en conformité le site considéré pour contrôler la température continuellement tout au long du cycle de vie du système pour lequel le logisticien est engagé, il faille un investissement lourd compte-tenu du climat du site. De ce fait, nous définissons la contrôlabilité comme suit :

### Définition

*La « contrôlabilité » d'un paramètre LTS relativement à un site signifie que la faisabilité de tous les investissements, nécessaires pour la mise en conformité de ce site pour contrôler ce paramètre, est vérifiée.*

En d'autres termes, lorsque qu'un site se trouve, par exemple, dans une zone climatique chaude et qui nécessite des moyens de contrôle de la température dont l'investissement est viable, il est dit que les températures élevées sont *contrôlables* sur le site. Si le site disposait déjà des moyens suffisants de contrôle, alors le paramètre est dit *contrôlé* selon la définition suivante :

### Définition

*Un paramètre LTS relativement à un site est dit « contrôlé » lorsque que ce site est déjà conforme et dispose ainsi des moyens suffisant pour le contrôle de ce paramètre.*

A contrario, lorsque ni les moyens existent et ni les investissements sont tenables, le paramètre LTS est dit non contrôlé sur le site.

Tableau 26 présente le résultat du croisement des deux matrices dans le cas d'une zone climatique de type BWk (eg. Ville d'El Paso, USA). Cette zone présente la particularité d'être désertique et donc particulièrement froide la nuit et sèche en tout temps.

Paramètres de LTS		Code Koppen-Geiger				Niveau d'investissement et Controlabilité	
		BWk				BWk	Niv.
		Chaud	Froid	Sec	Humide		
		D	F	F	D		
Temperature	Too low	1	5	0	0	6	Non
	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Sudden change	0	0	0	0	0	Contrôlé
Hygrometry	Too low	0	0	5	1	6	Non
	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Sudden change	0	0	5	0	5	Non
Salinity	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too alkaline	0	0	0	0	0	Contrôlé
Environment pH	Too acide	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too static	0	0	0	0	0	Contrôlé
Element separation by gravity (liquid)	Temporal	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Vibration	0	0	0	0	0	Contrôlé
G-force / Indirect shock	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Rodent	0	0	0	0	0	Contrôlé
Insect	Specific	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
UV / IR irradiation	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Dust	0	0	0	0	0	Contrôlé
Oxydation	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too high	0	0	5	1	6	Non
Electrostatic discharge	Too low	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
Mecanical pressure	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
Electromagnetic radiation	Too high	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Motion / re-packaging	0	0	0	0	0	Contrôlé
Transport	Not appropriate	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Not appropriate	0	0	0	0	0	Contrôlé
Packaging reliability	Not appropriate	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Not appropriate	0	0	0	0	0	Contrôlé
Perishable packaging	Not appropriate	0	0	0	0	0	Contrôlé
	Extern	0	0	0	0	0	Contrôlé

Tableau 26 – Évaluation de la contrôlabilité du LTS et des niveaux d'investissements



Le résultat obtenu dans la table du milieu, indique par exemple que le niveau de coût de contrôle de la modalité « trop froid » correspond à un total de 6. Selon l'échelle choisie (voir en haut de la Figure 48), au-delà de 4, les investissements sont considérés non-tenables. C'est ce qu'indique le message « Non » sur la table de droite du Tableau 26. La mention « Contrôlé » indique qu'aucun dispositif n'est nécessaire et « Contrôlable » signifie qu'il y a besoin de déployer des moyens particuliers pour contrôler le paramètre LTS de la ligne considérée, induisant ainsi des coûts soutenables.

Ainsi, le Tableau 26 suggère de ne pas envisager de LTS sur un site de classe climatique BWk. En effet, les contrôles des températures élevées, de l'hygrométrie très basse et de ses variations brutales représentent des niveaux d'investissement non-tenables. Cependant, il faut relativiser le résultat. Celui-ci dépend grandement des échelles de la Figure 48. Nous les avons utilisés de manière identique quel que soit le paramètre LTS et le paramètre climatique excepté celui de la salinité. Dans un processus de décision, il faudra envisager de corrélérer les niveaux d'investissement avec la réalité du marché. En conclusion, il s'agit d'un outil d'aide à la décision.

#### 5.4 Modèle d'espérance de stockabilité d'un produit sur un site

L'espérance de stockabilité est l'estimation de la durée minimale de stockage des constituants d'un produit compte-tenu des modalités des paramètres de LTS contrôlables. Ces derniers sont déterminés par le lieu de stockage choisi et par les matières que composent chacun des constituants. Concernant ces dernières, le Tableau 27 montre l'estimation du temps de stockage de chaque matière avec l'hypothèse de conditions de stockage idéales. C'est ainsi que l'on peut voir des durées allant jusqu'à 99 ans. Trois approximations sont à remarquer. La première concerne le fait que l'on ne prenne pas en compte le taux de défaillance des composants en stock. En effet, un composant stocké subit un vieillissement et est ainsi caractérisé par un taux de défaillance qui peut être Soft/Cold/Warm. Le premier indique que hors usage, le composant stocké a un taux de défaillance figé, le deuxième signifie qu'il y a bien un raccourcissement de la vie résiduelle (*Remaining Useful Life*) mais d'un taux bas et le troisième indique que le composant stocké se dégrade de la même manière que s'il était en usage.

La deuxième approximation concerne toujours la fiabilité, mais cette fois-ci il s'agit de celle des équipements qui garantissent les bonnes modalités des paramètres de LTS. C'est le cas, par exemple, des équipements de climatisation dont les épisodes de dégradation peuvent impacter les composants et matières stockés.

La troisième approximation concerne le fait d'évaluer l'espérance de stockabilité de matières alors que les composants sont multi-matières et vieillissent de manière différente de chacune des matières qui le composent sans parler du fait que la matière se décline en 48 commodités décomposées en 226 catégories et 572 technologies (voir fin de section 4.4.1).

Pour toutes ces raisons, il est nécessaire d'établir avec les experts l'espérance de stockabilité par commodité au minimum.



		Code K. G.																													
		Af	Am	Aw	BWh	BWk	BSh	BSk	Csa	Csb	Cwa	Cwb	Cwc	Cfa	Cfb	EF	Cfc	Dsa	Dsb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd	ET	
Contrôlé																															
Contrôlable																															
Non contrôlable																															
Paramètres de LTS (Ajustement à faire par l'expert)																															
Temperature	Too low	0	0	0	0	6	0	6	0	2	2	2	6	0	2	6	6	0	2	2	6	0	2	2	6	0	2	2	6	6	
	Too high	6	6	6	6	0	6	0	6	2	2	2	0	6	2	0	0	6	2	2	0	6	2	2	0	6	2	2	0	0	
Hygrometry	Sudden change	5	5	5	5	0	5	0	5	1	1	1	0	5	1	0	0	5	1	1	0	5	1	1	0	5	1	1	0	0	
	Too low	5	5	5	6	1	6	1	6	2	2	2	1	5	1	0	0	6	2	2	1	6	2	2	1	5	1	1	0	0	
Salinity	Too high	5	5	5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Sudden change	10	10	10	5	0	5	0	6	2	2	2	1	10	6	5	5	6	2	2	1	6	2	2	1	10	6	6	5	5	
Environment pH	Too high	5	5	5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Too alkaline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Element separation by gravity (liquid)	Too acide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Too static	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Element migration	Temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Vibration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G-force / Indirect shock	Specific	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rodent	Specific	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Insect	Specific	7	7	7	2	1	2	1	3	3	3	3	2	7	7	6	6	3	3	3	2	3	3	3	2	7	7	7	6	6	
	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UV / IR irradiation	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Dust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oxydation	Too high	6	6	6	1	1	1	1	2	2	2	2	2	6	6	6	6	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	
	Too high	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
Electrostatic discharge	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Too low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mecanical pressure	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Too low	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Electromagnetic radiation	Too high	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Motion / re-packaging	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Transport	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Packaging reliability	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Perishable packaging	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Not appropriate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Theft / Malicious damage	Extern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Extern	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nombre de conformités	raisonnables	0	0	0	3	4	3	4	5	10	10	10	7	0	4	0	0	5	10	10	7	5	10	10	7	0	4	4	0	0	
	intenable	8	8	8	4	1	4	1	4	0	0	0	1	8	5	6	6	4	0	0	1	4	0	0	1	8	5	5	6	6	
Localisations envisageables					Oui			Oui			Oui						Oui			Oui						Oui			Oui		

Tableau 27 – Évaluation de la contrôlabilité du LTS pour toutes les classes de Koppen-Geiger



### 5.4.1 Espérance de stockabilité des matières en conditions défavorables

Il s'agit d'évaluer la durée espérée de stockage lorsque tous les paramètres LTS sont considérés non contrôlés. La matrice d'espérance obtenue représente une bonne base d'évaluation des risques de LTS en commençant par la situation la pire.

Prenons l'exemple d'un produit Valeo connu, la clé auto rétractable (Jack Knife Key JKK). La Figure 49 montre la vue éclatée, la nomenclature et la composition matière. En bas du tableau, l'espérance de stockabilité idéale pour chaque commodité de matière est précisée.

Pour obtenir une matrice d'espérance de stockabilité des constituants d'un produit comme la JKK, il faut partir de celle de ses matières. Le Tableau 28 montre une matrice dont les durées ont été expertisées pour coller au mieux aux réalités de stockage de ces matières dans les conditions connues des sites du groupe. Le principe est d'apposer une durée de stockabilité égale lorsque la modalité du paramètre LTS n'affecte pas la matière. L'exemple est celui de la température trop élevée pour la matière de code CC qui regroupent tous les plastiques dits techniques. La durée de dix ans est reportée de la dernière ligne de la matrice de la Figure 49 et qui représente celle de stockage dans les conditions idéales. Un cas différent, celui des circuits imprimés (ED) qui sont particulièrement sensibles aux milieux de pH extrêmes ou encore à l'exposition aux perturbations électrostatiques. Dans ces conditions, l'espérance de stockage est ramenée à zéro dans la mesure où ce dernier est simplement refusé sur le site considéré.

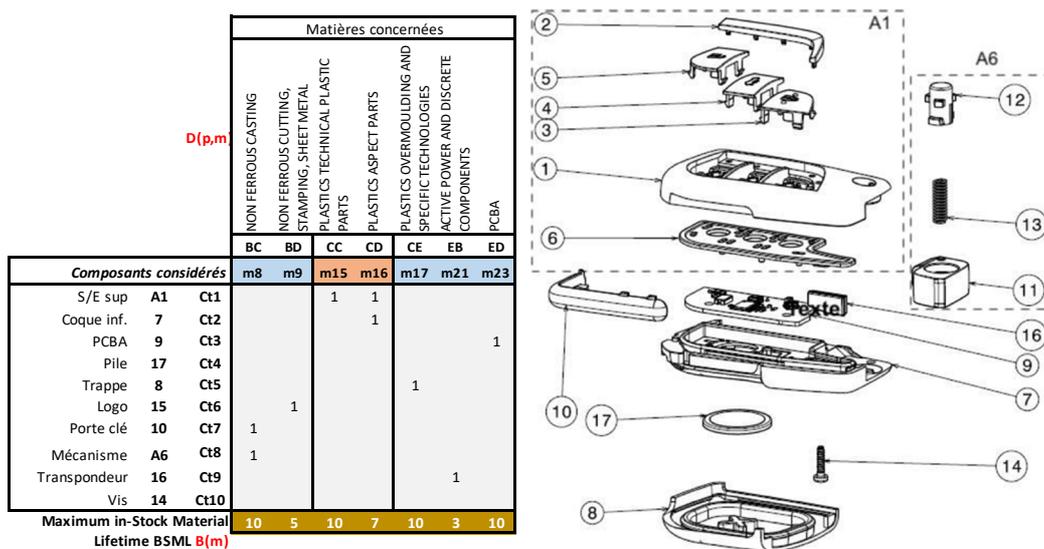


Figure 49 – Vue éclatée, nomenclature et composition matières de la JKK

Risk factor	Insuitable modality	S. ref.	H. ref.	Espérance de stockabilité en conditions défavorables (VSML) Verified in-Stock Material Lifetimes given unsuitable storage condition							Référence séquentielle	
				BC	BD	CC	CD	CE	EB	ED		
1	Temperature	Too low	P1	P1,1	10	5	10	7	10	3	10	1
		Too high	P2	P1,2	10	5	5	5	5	2	5	2
		Sudden change	P3	P1,3	10	5	0	0	0	2	2	3
2	Hygrometry	Too low	P4	P2,1	10	5	2	2	2	3	10	4
		Too high	P5	P2,2	10	5	10	7	10	2	2	5
		Sudden change	P6	P2,3	10	5	0	0	0	2	2	6
3	Salinity	Too high	P7	P3	10	5	10	7	5	0	2	7
4	Environment pH	Too alkaline	P8	P41	2	0	2	2	5	0	0	8
		Too acide	P9	P42	2	0	10	2	5	0	0	9
5	Element separation by gravity (liquid)	Too static	P10	P5	10	5	10	7	10	2	2	10
6		Element migration	Temporal	P11	P6	10	5	10	0	2	3	10
7	Vibration	Specific	P12	P7	2	5	10	7	10	0	2	12
8	G-force / Indirect shock	Too high	P13	P8	5	5	5	2	5	0	2	13
9		Rodent	Specific	P14	P9	10	5	10	7	10	2	2
10	Insect	Specific	P15	P10	10	5	10	7	10	2	10	15
11	UV / IR irradiation	Too high	P16	P11	10	5	2	2	2	0	2	16
12		Dust	Too high	P17	P12	10	5	10	7	5	0	2
13	Oxydation	Too high	P18	P13	2	5	10	7	10	0	2	18
14	Electrostatic discharge	Too high	P19	P14	10	5	10	7	10	0	0	19
15	Mecanical pressure	Too low	P20	P15,1	10	5	10	7	10	3	10	20
		Too high	P21	P15,2	10	5	0	0	0	0	0	21
16	Electromagnetic radiation	Too high	P22	P16	10	5	10	7	10	0	2	22
17	Motion / re-packaging	Not appropriate	P23	P17	2	5	10	2	10	0	0	23
18		Transport	Not appropriate	P24	P18	2	5	5	2	5	0	0
19	Packaging reliability	Not appropriate	P25	P19	2	2	5	2	5	0	0	25
20	Perishable packaging	Not appropriate	P26	P20	2	2	2	2	2	2	2	26
21	Theft / Malicious damage	Extern	P27	P21	2	2	2	2	2	0	0	27

Tableau 28 – Espérance de stockabilité par commodité de matière et paramètre de LTS

Par ailleurs, nous pouvons remarquer l'impact de certaines modalités redoutées sur l'espérance de stockabilité comme le cas de la commodité EB pour laquelle de nombreuses modalités redoutées amènent à exclure tout stockage (espérance = 0). Nous remarquons, par ailleurs, qu'aucune commodité rentrant dans la composition de la JKK n'est impactée par un environnement où la température est très basse. C'est l'unique cas dans cet exemple.

#### 5.4.2 Espérance de stockabilité des constituants relativement aux matières

Le Tableau 29 présente les résultats de calcul de l'espérance de stockabilité de chaque composant relativement à chacune des modalités redoutées des paramètres du LTS. La logique de calcul est simple.

##### *Définition*

*L'espérance de stockabilité d'un composant est égale au minimum de l'ensemble des espérances de stockabilité des matières qui le composent.*



Ce modèle de calcul n'est pas précis en toute situation. En effet, l'amalgame ou le contact de certaines matières les unes avec les autres peuvent créer des réactions et précipiter la dégradation de l'ensemble. Nous avons écarté ce cas dont la mesure où la qualité et les exigences automobiles font qu'en général, ce type de réaction fait très vite l'objet de procédure de re-conception et ainsi peu rencontré durant les phases avancées d'un cycle de production automobile.

Le Tableau 29 est ainsi le croisement des deux précédents tableaux présentant l'espérance de stockabilité pour chaque composant/constituant. Nous pouvons remarquer les colonnes associées aux vis et à la pile où l'espérance est mise à zéro quel que soit le paramètre de stockabilité considéré. Il s'agit, en effet, de deux composants standards (*Commercial Off-The-Shelf* COTS) pour lesquels le risque d'obsolescence ou de discontinuité de long terme quasiment nul. La matrice montre aussi que l'espérance de stockabilité d'un composant peut passer de 10 ans à nulle (stockabilité rejetée) lorsqu'un paramètre LTS n'est pas contrôlé. C'est le cas de la trappe lorsque les fortes variations de températures ne sont pas contrôlées. Cela vient de sa composition de plastique thermo-moulé qui peut se déformer dans ces conditions.

De cette matrice, nous pouvons déjà nous informer sur le risque d'échec du LTS lorsqu'aucune précaution de contrôlabilité des sites n'est prise. A ce titre, on définit en général 3 niveaux de risque du LTS :

- **LTS minimal/ordinaire** (selon recommandations du fournisseur, en général 2 ans) ;
- **LTS spécifique** (en général, la durée est prolongée à 5 ans) ;
- **LTS risque** (lorsque le LTS dépasse les 5 ans) ;

Relativement au cas de la clé auto rétractable, le résultat est sans équivoque. Le Tableau 30 montre le LTS de la JKK n'est pas faisable sans le contrôle d'un certain nombre de paramètres de LTS sur site. En l'occurrence, la matrice du bas présente un « 1 » lorsque le composant de la colonne associée est illisible à la durée de la ligne correspondante. Nous voyons bien que le porte-clés et le mécanisme sont éligibles pour le LTS minimal (2 ans) mais ne le sont pas pour une durée plus longue. La quatrième ligne indique la faisabilité dans la mesure où le logisticien produit au préalable les durées souhaitées soit pour l'ensemble des composants du produit-client ou pour chacun d'eux. C'est ce que renvoie la dernière ligne de la matrice du haut où est précisée la durée minimale souhaitée pour chaque composant.



				Espérance de stockabilité des constituants en conditions défavorables (ESPL) Reference table of Maximum expected in-Stock Part Lifetimes										
Risk factor	Insuitable modality	S. ref.	H. ref.	Référencement										
				S/E sup	Coque inf.	PCBA	Pile	Trappe	Logo	Porte clé	Mécanisme	Transpondeur	Vis	
				Ct1	Ct2	Ct3	Ct4	Ct5	Ct6	Ct7	Ct8	Ct9	Ct10	
1	Temperature	Too low	P1	P1,1	7	7	10	0	10	5	10	10	3	0
		Too high	P2	P1,2	5	5	5	0	5	5	10	10	2	0
		Sudden change	P3	P1,3	0	0	2	0	0	5	10	10	2	0
2	Hygrometry	Too low	P4	P2,1	2	2	10	0	2	5	10	10	3	0
		Too high	P5	P2,2	7	7	2	0	10	5	10	10	2	0
		Sudden change	P6	P2,3	0	0	2	0	0	5	10	10	2	0
3	Salinity	Too high	P7	P3	7	7	2	0	5	5	10	10	0	0
4	Environment pH	Too alkaline	P8	P41	2	2	0	0	5	0	2	2	0	0
		Too acide	P9	P42	2	2	0	0	5	0	2	2	0	0
5	Element separation by gravity (liquid)	Too static	P10	P5	7	7	2	0	10	5	10	10	2	0
6	Element migration	Temporal	P11	P6	0	0	10	0	2	5	10	10	3	0
7	Vibration	Specific	P12	P7	7	7	2	0	10	5	2	2	0	0
8	G-force / Indirect shock	Too high	P13	P8	2	2	2	0	5	5	5	5	0	0
9	Rodent	Specific	P14	P9	7	7	2	0	10	5	10	10	2	0
10	Insect	Specific	P15	P10	7	7	10	0	10	5	10	10	2	0
11	UV / IR irradiation	Too high	P16	P11	2	2	2	0	2	5	10	10	0	0
12	Dust	Too high	P17	P12	7	7	2	0	5	5	10	10	0	0
13	Oxydation	Too high	P18	P13	7	7	2	0	10	5	2	2	0	0
14	Electrostatic discharge	Too high	P19	P14	7	7	0	0	10	5	10	10	0	0
15	Mecanical pressure	Too low	P20	P15,1	7	7	10	0	10	5	10	10	3	0
		Too high	P21	P15,2	0	0	0	0	0	5	10	10	0	0
16	Electromagnetic radiation	Too high	P22	P16	7	7	2	0	10	5	10	10	0	0
17	Motion / re-packaging	Not appropriate	P23	P17	2	2	0	0	10	5	2	2	0	0
18	Transport	Not appropriate	P24	P18	2	2	0	0	5	5	2	2	0	0
19	Packaging reliability	Not appropriate	P25	P19	2	2	0	0	5	2	2	2	0	0
20	Perishable packaging	Not appropriate	P26	P20	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0
21	Theft / Malicious damage	Extern	P27	P21	2	2	0	0	2	2	2	2	0	0

Tableau 29 – Espérance de stockabilité Composant/Paramètre LTS

Constituants de la JKK												
Maximum expected in-Stock Part Lifetime regardless of the whole worst conditions. WSPL >>>>>												
	S/E sup	Coque inf.	PCBA	Pile	Trappe	Logo	Porte clé	Mécanisme	Transpondeur	Vis		
	Ct1	Ct2	Ct3	Ct4	Ct5	Ct6	Ct7	Ct8	Ct9	Ct10		
Needed in-Stock Part Lifetime NSPL N(p)	5	5	2	0	2	2	2	2	2	0		
Actual Long Term Storage Feasibility Matrix (A-LTSFM)												
Under supplier recomandations	2	y	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Specific	5	y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Risky	10	y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Long Term Storage Feasibility	Mp,w		0	0	0	1	0	0	1	1	0	1

Tableau 30 – Matrice de faisabilité du LTS non contrôlé



Il peut y avoir des différences entre les composants quant aux durées de stockage recherchées pour plusieurs raisons. Il peut y avoir un projet de remédiation vis-à-vis de certains composants (*eg. Redesign à un horizon de deux ans*), pour réduire les coûts de stockage en quantité de certains composants coûteux, etc. Pour revenir à la matrice du bas, de faisabilité, nous pouvons considérer que le LTS est éligible lorsque tous passent au vert.

### 5.4.3 Aptitude au LTS d'un site

Dans les précédentes sections, il a été expliqué comment le démonstrateur permet de calculer l'espérance de stockabilité de chaque matière selon chacune des 27 modalités redoutées des paramètres de LTS (Tableau 28). Il permet, par ailleurs, de déterminer avec précision la faisabilité du LTS pour l'ensemble des constituants à stocker du produit-client visé et ce dans la confirmation la pire, lorsque les modalités redoutées ne sont pas contrôlées (Tableau 29 et Tableau 30).

La tâche la plus ardue pour le logisticien est d'identifier le site le plus approprié pour le LTS ; c'est à dire celui qui permet de stocker les constituants (1) à moindre coût, (2) sur les durées exigées et (3) avec une contrôlabilité de toutes les modalités redoutées compromettant leur LTS<sup>20</sup>. Pour y arriver, plusieurs éléments du site sont à prendre en compte. Le premier est l'état de contrôlabilité des paramètres LTS disponibles sur le site. Il s'agit d'un moyen de comparer, plus loin, les coûts d'investissement à consentir de chaque option (site). Le Tableau 31 reprend les éléments contrôlés (sans investissements mais avec des coûts d'usage) sur 12 sites représentatifs dont les zones climatiques au sens de Koppen-Geiger sont variées. On peut y apercevoir un site particulièrement doté (le site n°3) et qui serait le candidat privilégié. En d'autres termes, le site 3 semble nécessiter moins de mises en conformité et ainsi correspondre aux durées exigées indiqués dans le Tableau 30.

Etat actuel du site n°													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Af	Am	BSh	Am	Csa	Csb	Cfc	Cfc	Dsa	BSh	Dsc	BWk		
Etat de contrôlabilité effective (Oui =1) des sites relativement aux moyens déjà disponibles													
		1		1								Too low	Temperature
		1		1								Too high	
		1		1					1			Sudden change	
		1		1					1			Too low	Hygrometry
		1		1					1			Too high	
		1		1					1			Sudden change	
		1		1					1			Too high	Salinity
		1		1					1			Too alkaline	Environment pH
		1		1					1			Too acide	
		1		1					1			Too static	Element separation by gravity (liquid)
		1		1					1			Temporal	Element migration
		1		1					1			Specific	Vibration
		1		1					1			Too high	G-force / Indirect shock
		1		1					1			Specific	Rodent
		1		1					1			Specific	Insect
		1		1					1			Too high	UV / IR irradiation
		1		1					1			Too high	Dust
		1		1					1			Too high	Oxydation
		1		1					1			Too high	Electrostatic discharge
		1		1					1			Too low	Mecanical pressure
		1		1					1			Too high	
		1		1					1			Too high	Electromagnetic radiation
		1		1					1			Not appropriate	Motion / re-packaging
		1		1					1			Not appropriate	Transport
		1		1					1			Not appropriate	Packaging reliability
		1		1					1			Not appropriate	Perishable packaging
		1		1					1			Extern	Theft / Malicious damage

Tableau 31 – État des capacités de contrôlabilité de 12 sites

<sup>20</sup> Pour des raisons de simplifications, nous avons évacué certains d'autres éléments comme la contrainte de capacité volumique.



Le deuxième élément est la connaissance des capacités climatiques de contrôlabilité de chaque site vis-à-vis de chaque paramètre LTS. Il s'agit des conformités du fait de la zone de climat dans lequel se situe le site. Le Tableau 27 fourni cette information et le démonstrateur le calcul automatiquement.

		Site n°											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Af	Am	BSh	Am	Csa	Csb	Cfc	Cfc	Dsa	BSh	Dsc	BWk
		Contrôlabilité des facteurs de stockage des sites relativement au climat											
Paramètres de LTS (Ajustement à faire par l'expert)		6						11					
Temperature	Too low	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Contrôlable	Non	Non	Inutile	Inutile	Contrôlable	Non
	Too high	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Inutile	Non	Non	Contrôlable	Inutile
Sudden change	Too low	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Inutile	Non	Non	Contrôlable	Inutile
	Too high	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Inutile	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable
Hygrometry	Too low	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Inutile	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable
	Too high	Non	Non	Inutile	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Contrôlable	Inutile
Sudden change	Too low	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile
	Too high	Non	Non	Non	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Non	Contrôlable	Inutile
Salinity	Too high	Non	Non	Inutile	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Contrôlable	Inutile	Contrôlable	Inutile
	Too alkaline	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Environment pH	Too acide	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Too static	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Element separation by gravity (liquid)	Temporal	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Vibration	Specific	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
G-force / Indirect shock	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Rodent	Specific	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Insect	Specific	Non	Non	Contrôlable	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable
	UV / IR irradiation	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Dust	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Too high	Non	Non	Contrôlable	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable
Oxydation	Too high	Non	Non	Contrôlable	Non	Contrôlable	Contrôlable	Non	Non	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable
	Too high	Inutile	Inutile	Contrôlable	Inutile	Contrôlable	Contrôlable	Inutile	Inutile	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable	Contrôlable
Electrostatic discharge	Too low	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Mechanical pressure	Too low	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Electromagnetic radiation	Too high	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Motion / re-packaging	Not appropriate	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Transport	Not appropriate	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Packaging reliability	Not appropriate	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Perishable packaging	Not appropriate	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
	Extern	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile
Theft / Malicious damage	Extern	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile	Inutile

Nombre de conformités	raisonnables	19	19	23	19	23	27	21	21	23	23	27	26	
	intenable	8	8	4	8	4	0	6	6	4	4	0	1	
Localisations envisageables								Oui						

Tableau 32 – Matrice de contrôlabilité des sites avec niveaux d'investissements

Le tableau ci-dessus permet d'identifier d'emblée les sites dont la mise en conformité totale est non tenable. Il ne faut certainement pas les écarter pour autant ... c'est le troisième élément à prendre en compte. Pour exemple, lorsqu'un constituant à stocker se compose de matières qui ne nécessitent pas la contrôlabilité de l'oxydation, les sites 1, 2, 4, 7 et 8 n'ont pas à être exclus. Le développement de la démarche qui suivra l'étayera.

#### 5.4.4 Décider du site de LTS

Les sections suivantes définissent la façon de caractériser les sites de stockages quant à la contrôlabilité, la préexistence éventuelle de capacité de contrôlabilité, la prise en compte des zones climatiques et enfin la matrice d'espérance des matières en fonctions des modalités redoutées. Tout cela permet de constituer le processus de décision qui se décline par le tableau de bord ci-dessous (Tableau 33). Cela commence par préciser le site à analyser, en haut à gauche en fond rouge avec liste déroulante. Les deux premières colonnes indiquent les conformités à mettre en place s'il fallait assurer la contrôlabilité de tous les paramètres LTS sur ce site et relativement à la zone climatique. On y distingue les mises en conformités envisageables et intenable selon l'expertise. La troisième colonne indique les dispositions déjà existantes. En l'occurrence, il n'en existe pas pour le site n°10. La quatrième colonne fait la synthèse de tout cela pour permettre au décideur d'avoir à disposition la liste des contrôlabilités à ne pas considérer lorsque qu'il décidera des investissements et des mises en conformités à réaliser pour stocker sur le site compte tenu du produit-client visé. Cette décision est à soumettre via la colonne 6 des deux côtés de laquelle se trouvent les mises en conformités dont il serait utile de réaliser (à gauche) et celles qui sont non-tenables par l'expert (à droite). La dernière colonne fait la résultante après décision.



		Site n° : 10		re. Conformités					Investissements (O/N)	
Climat associé :		1	3Sh	20	7	0	4	0		
Conformités intenables nécessaires		2	Conformités existantes ou inutiles sur le site	Conformités existantes ou inutiles sur le site	Besoins de mise en conformité	Conformités consenties	Besoins de m. en conformité intenable	Conformités résultantes		
		3								
		4								
		5								
		6		0	1					1
Temperature	Too low	P1	P1,1	0						
	Too high	P2	P1,2	1						
	Sudden change	P3	P1,3	1						
	Too low	P4	P2,1	1						
Hygrometry	Too high	P5	P2,2	0	1					1
	Sudden change	P6	P2,3	1						
	Too high	P7	P3	0						1
Salinity	Too high									
	Too alkaline	P8	P41	0	1					1
Environment pH	Too acide	P9	P42	0	1					1
	Too static	P10	P5	0	0	1				1
Element separation by gravity (liquid)	Too static									
	Temporal	P11	P6	0	0	1				1
Element migration	Temporal									
	Specific	P12	P7	0	0	1				1
Vibration	Specific									
	Too high	P13	P8	0	0	1				1
G-force / Indirect shock	Too high									
	Specific	P14	P9	0	0	1				1
Rodent	Specific									
	Specific	P15	P10	0	1	0	1			
Insect	Specific									
	Too high	P16	P11	0	0	1				1
UV / IR irradiation	Too high									
	Too high	P17	P12	0	0	1				1
Dust	Too high									
	Too high	P18	P13	0	1	0	1			
Oxydation	Too high									
	Too high	P19	P14	0	1	0	1			
Electrostatic discharge	Too high									
	Too low	P20	P15,1	0	0	1				1
Mecanical pressure	Too low									
	Too high	P21	P15,2	0	0	1				1
Too high	Too high									
	Too high	P22	P16	0	0	1				1
Electromagnetic radiation	Too high									
	Not appropriate	P23	P17	0	0	1				1
Motion / re-packaging	Not appropriate									
	Not appropriate	P24	P18	0	0	1				1
Transport	Not appropriate									
	Not appropriate	P25	P19	0	0	1				1
Packaging reliability	Not appropriate									
	Not appropriate	P26	P20	0	0	1				1
Perishable packaging	Not appropriate									
	Extern	P27	P21	0	0	1				1
Theft / Malicious damage	Extern									

Tableau 33 – Tableau de bord du choix du site de LTS

Le démonstrateur aide à faire le choix des mises en conformités qui permettent les durées de stockage exigées et ce, à moindre coût. La saisie sur la colonne 5 entraîne systématiquement la mise à jour de la matrice d'espérance de stockabilité en conditions réelles du site. La table montre l'espérance de stockabilité obtenue sans mises en conformité (à gauche) et avec les mises en conformités nécessaires pour atteindre les durées exigées (à droite). L'adéquation entre les durées exigées et celles obtenues est montrée par la ligne en entête de la matrice (vert & rouge). On peut ainsi se rendre compte que sans les mises en conformités, cinq composants ne pourront être stockés avec les durées exigées sans courir un risque certain de faire des pertes.

Le site 10 n'est pas, en réalité, le meilleur choix. En partant de l'état des lieux des sites indiqués du Tableau 31, le site favori serait le n°3 compte-tenu du nombre de dispositions de contrôlabilité dont il bénéficie. En effet, la table à gauche de la Figure 51 montre que moyennant deux mises en conformité, il est possible d'atteindre les durées de stockage exigées. La partie droite de la même figure montre la même réussite avec le site 9 et avec une seule mise en conformité. Il s'agit d'un résultat obtenu a posteriori d'une opération d'optimisation dont le modèle est développé dans les sections ci-après. Lorsqu'on dispose, en réalité, de plus d'une centaine de sites comme c'est le cas de VALEO, il est très difficile de présélectionner et de trouver rapidement un site répondant aux besoins de stockabilité et à moindre coût. Dans ce sens, le site n°9 ne dispose pas des mêmes conformités que le n°3 mais celles nécessaires s'y trouvent déjà et ce choix induit des coûts d'investissements bien plus bas. Le sujet du coût est déterminant et est abordé ci-après.





## 5.5 Estimation des investissements de mise en conformité au LTS

### 5.5.1 Référentiel des coûts de contrôlabilité des paramètres LTS

Il peut arriver parfois que le choix d'un site exigeant moins de mises en conformité que d'autres, entraîne finalement un coût d'investissement plus important. Cela est dû très souvent à la complexité du modèle économique du stockage à long terme mais aussi à la méconnaissance des niveaux d'investissements correspondant à chaque site relativement à chaque paramètre LTS. Nous l'avons vu précédemment, la zone climatique, par exemple, peut rendre la contrôlabilité d'un paramètre LTS inutile, raisonnablement contrôlable ou enfin incontrôlable tant les coûts sont déraisonnables.

Pour pallier ce dernier problème, un travail d'initiation de contre-mesures a été effectué en collaboration avec les équipes industrielles, les acheteurs investissement et entreposage ainsi que les ingénieurs fiabilités. Ces contre-mesures ont été étudiées pour chaque paramètre de climat à mettre sous contrôles. Sur la suggestion du service qualité et retour d'expérience des ingénieurs de laboratoire, afin de s'assurer que la contre-mesure n'est pas défailante, un indicateur de surveillance est également attaché à chaque contre mesure. Ces contre-mesures ont été défini tel qu'observé chez la société étudiée.

Dans un second temps, pour chaque paramètre, un coût d'investissement correspondant au matériel qu'il faudra mettre en place et un coût d'usage correspondant au frais d'utilisation ont été défini. Les coûts représentés tout au long de l'étude, restent juste en proportion, mais ont systématiquement été modifié pour ne pas dévoiler les coûts réels pour l'entreprise, ces données utilisées à grande échelle, sont considérées comme stratégique.

Afin de simplifier le calcul de ces paramètres, et lorsque que cela était applicable, il a été choisi de les définir en € par  $M^3$  pour les investissements, en € par an pour les actions de surveillance. Le résultat de l'étude est présenté dans le Tableau 34

. Comme pour tout travaux industriels émergents, ces actions identifiées sont une base de travail, qui a vocation à évoluer en fonction des nouvelles innovations et retour d'expériences.



Paramètre	Condition	Equipement / Action mise en place		Cout des contre-mesures				Cout de surveillance	
		Contre mesure	Monitoring	Cout Investment	Unité	Cout d'usage	Unité	Cout	Unité
Température	Trop bas	Air conditionné	Capteur de température actif	50	€/m3	2	€/m3	500	€/an
	Trop haut	Air conditionné	Capteur de température actif	50	€/m3	2	€/m3	500	€/an
	Variation brutale	Chambre de transfert	Etuve	5000	€/m3	2	€/m3	500	€/an
Hygrométrie	Trop bas	Humidificateur / Ventilation	Capteur de d'hygrométrie actif	7500	€/m3	2	€/m3	500	€/an
	Trop haut	Assécheur / Ventilation	Capteur de d'hygrométrie actif	7500	€/m3	2	€/m3	500	€/an
	Variation brutale	Chambre de transfert	Etuve	7500	€/m3	2	€/m3	500	€/an
Salinité	Trop haut	Emballage spécifique	Proximité de la source	2000	€/m3	200	€/m3	0	
Environnement Alcalin	Trop haut	Emballage spécifique	Proximité de la source	2000	€/m3	200	€/m3	0	
Environnement Acide	Trop haut	Emballage spécifique	Proximité de la source	2000	€/m3	200	€/m3	0	
séparation des éléments par gravité (électrolyte)	Trop statique	Sollicitation suffisante en fréquence et en amplitude	Visuel / électrique	100	€/m3	500	€/m3	1	€/an
Migration des éléments	Temporelle	Suppression de l'élément migrant ou application strict de la date d'expiration	Visuel	0	€/m3	0	€/m3	1	€/an
Vibration	Spécifique	Réduire les causes (transport / Traffic d'engins / proximité de machine )	Capteur	0		0		100	€/an
G (accélération) / choc indirect	Trop haut	Transport adapté, zone dédiée, manipulation spécifique	Indicateur de type « shockwatch »	200	€/m3	0		2	€/box
Rongeur	Spécifique	Accès hermétique / Piégeage / compagnie de traitement spécialisé	Audit et suivi interne	200	€/m3	10	€/m3	500	€/par zone/an

Insecte	Spécifique	Fumigation / installation de "airlock" / emballage hermétique	Audit et suivi interne	8000	€/m3	10	€/m3	5	€/boite
UV / IR	Trop haut	Emballage protecteur, lumière inactique	Indicateur visuel	2500	€/m3	50	€/m3	2	€/boite
Empoussièremment	Trop haut	Emballage anti-poussière / Zone filtrée - Airlock / Nettoyage	Mesure d'empoussièremment	500	€/m3	5	€/box /an	50	€/zone /mois
Oxydation	Trop haut	Stockage sous vide ou sous gaz inerte	Indicateur visuel et test sur échantillons	5000	€/m3	700	€/m3/an	2	€/boite
Charges électrostatique	Trop haut	Zone contrôlée ESD	Champmètre ESD	250	€/m2	6	€/m3	500	€/an
Pression mécanique	Trop bas	Emballage sous pression	Indicateur visuel et test sur échantillons	0		200	€/m3	50	€/m3
	Trop haut	Emballage ample / Réduction de l'empilement	Indicateur visuel et test sur échantillons	200	€/m3	200	€/m3	50	€/m3
Rayonnement Electromagnétisme	Trop haut	Eloignement de la source / cage de faraday	Champmètre électromagnétique	500	€/m3	0	€/m3	0	
Mouvement / reconditionnement	Mal adapté	Operateur expérimenté / Travail en binôme	Formation / Audit	0		10000	€/man/an	1000	€/personne /an
Transport	Mal adapté	Limitation ou transport adapté	Suivi des transports	0		500	€/m3		
Solidité du packaging	Mal adapté	Remplacement par du durable	Action préventive	0		200	€/m3		
Périssabilité du packaging	Mal adapté	Changement périodique ou plus durable	Action préventive	0		200	€/m3		
Vol/Dégradation volontaire	Extérieur	Limitation de l'accès / Lot physiquement séparé	Non-divulgaration / Vidéo surveillance	100	€/m3	80	€/m3		

Tableau 34 – Tableau économique de mise en œuvre de solutions de stockage

### 5.5.2 Intégration du coût dans la décision

Pour le démonstrateur, un référentiel de coûts de mise sous contrôle des paramètres LTS a été introduit (le bloc à droite du Tableau 35). Le calcul tableur permet de reporter, à partir de la matrice d'état (Tableau 31), tous les coûts pour chacun des sites considérés en occultant les coûts qui n'ont pas lieu d'être lorsque la contrôlabilité existe déjà. Le résultat est indiqué dans le bloc gauche du Tableau 35. Au milieu, la colonne en vert précise les coûts de référence pour le site sélectionné via le tableau de commande (Tableau 33). Seuls les coûts d'investissement ont été considérés pour les mêmes raisons de simplification évoquées précédemment. En effet, les coûts à l'usage et de surveillance reposent sur la connaissance préalable des quantités de composants stockées et de leur courbe de consommation sur la durée globale de stockage.



Paramètres de LTS	Coûts réels par site												Coûts des investissements de mise en conformité pour le site n°	Coûts d'investissements						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Coûts de mise en conformité relativement aux paramètres de stockage						
	Af	Am	BSh	Am	Csa	Csb	Cfc	Cfc	Dsa	BSh	Dsc	BWk		Investissement	Utilisation /U	Surveillance				
Coûts de mise en conformité relativement au site et par paramètres de stockage																				
Too low	2000	2000		2000		2000	2000	2000		2000	2000	2000			2000,00			2000	15	250
Too high	5000	5000	5000	5000		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000			5000,00			5000	15	250
Sudden change	1000	1000		1000		1000	1000	1000		1000	1000	1000			999,57			1000	15	250
Too low	20	20		20		20	20	20		20	20	20			20,00			20	1	250
Too high	30	30	30	30	30	30	30	30		30	30	30			30,00			30	1	250
Sudden change	0	0		0		0	0	0		0	0	0			0,00			0	0	0
Too high	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000			2000,00			2000	200	0
Too alkaline	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Too acide	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Too static	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Temporal	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Specific	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Specific	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Specific	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Too high	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000		5000	5000	5000			5000,00			5000	700	210
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50			50,00			50	15	5
Too low	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Too high	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Not appropriate	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Not appropriate	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Not appropriate	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	15	5
Not appropriate	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50,00			50	10	3
Extern	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			100,00			100	25	8

Tableau 35 – Référentiel des coûts de mise sous contrôle des paramètres LTS pour un site type



Comme indiqué à la section précédente, le site 10 est à rejeter en raison du nombre de mises en conformités nécessaires : cinq conformités dont 3 qui ne sont pas tenables compte-tenu de la zone climatique du site. Seul le tableau de bord du démonstrateur permet de relever cet aspect. En d'autres termes, même si ce site ne demandait que ces 3 mises en conformités, le coût n'est pas représentatif puisque le référentiel des coûts prend pour hypothèse d'adéquation de la zone climatique avec les paramètres LTS en question. Le site 3 qui présentait le plus de conformités intrinsèques n'est pas le meilleur puisqu'il exige 2 mises en conformités avec un budget de 5050 euro. Le site 9, par chance, dispose de peu de conformités mais ceux sont justement celles nécessaires au produit-client traité. Par opposition, l'étude de LTS d'un autre produit pourrait nous amener à la situation inverse.

Site n°	10				3				9			
	Budget limit 11000,00				Budget limit 11000,00				Budget limit 11000,00			
	Total = 6069,57				Total = 5050,00				Total = 2000,00			
Risk factor	Unsuitable modality	S. ref.	H. ref.	Coûts à considérer	Coûts induits	H. ref.	Coûts à considérer	Coûts induits	H. ref.	Coûts à considérer	Coûts induits	
Temperature	Too low	P1	P1,1	2000,00		P1,1			P1,1	2000,00		
	Too high	P2	P1,2	5000,00		P1,2	5000,00		P1,2	5000,00		
	Sudden change	P3	P1,3	999,57	999,57	P1,3			P1,3			
Hygrometry	Too low	P4	P2,1	20,00	20,00	P2,1			P2,1			
	Too high	P5	P2,2	30,00		P2,2	30,00		P2,2	30,00		
	Sudden change	P6	P2,3	0,00	0,00	P2,3			P2,3			
Salinity	Too high	P7	P3	2000,00		P3	2000,00		P3	2000,00	2000,00	
	Too alkaline	P8	P41	50,00		P41	50,00		P41	50,00		
	Too acide	P9	P42	50,00		P42	50,00		P42	50,00		
Element separation by gravity (liquid)	Too static	P10	P5	50,00		P5			P5	50,00		
Element migration	Temporal	P11	P6	50,00		P6			P6	50,00		
Vibration	Specific	P12	P7	50,00		P7			P7	50,00		
G-force / Indirect shock	Too high	P13	P8	50,00		P8			P8	50,00		
Rodent	Specific	P14	P9	50,00		P9			P9	50,00		
Insect	Specific	P15	P10	50,00		P10			P10	50,00		
UV / IR irradiation	Too high	P16	P11	50,00		P11			P11	50,00		
Dust	Too high	P17	P12	50,00		P12	50,00		P12	50,00		
Oxydation	Too high	P18	P13	5000,00	5000,00	P13	5000,00	5000,00	P13			
Electrostatic discharge	Too high	P19	P14	50,00	50,00	P14	50,00	50,00	P14			
Mechanical pressure	Too low	P20	P15,1	50,00		P15,1	50,00		P15,1	50,00		
	Too high	P21	P15,2	50,00		P15,2	50,00		P15,2	50,00		
Electromagnetic radiation	Too high	P22	P16	50,00		P16			P16	50,00		
Motion / re-packaging	Not appropriate	P23	P17	50,00		P17			P17	50,00		
Transport	Not appropriate	P24	P18	50,00		P18			P18	50,00		
Packaging reliability	Not appropriate	P25	P19	50,00		P19	50,00		P19	50,00		
Perishable packaging	Not appropriate	P26	P20	50,00		P20	50,00		P20	50,00		
Theft / Malicious damage	Extern	P27	P21	100,00		P21	100,00		P21	100,00		

Tableau 36 – Comparaison des trois scenarios de stockage : sites 3, 9 et 10

### 5.5.3 Prise en compte des coûts de surveillance et d'usage

L'intégration des coûts de surveillance et d'usage dépendent des durées de stockage rapporté aux quantités stockées. Dans ce qui suit un exemple est produit avec le détail de calcul de ces coûts. L'hypothèse est la suivante : « la demande provient d'un site situé à El Paso (site n°12). Il faut stocker 20 M<sup>3</sup> de métal ferreux pour une durée de 15 ans ». Pour des raisons de simplification, le stockage d'un seul matériau est considéré.

La ville de El Paso est situé l'Ouest du Texas aux Etat-Unis. Sa classification de Koppen-Geiger est BWk (Figure 52), ce qui correspond à un climat désertique sec et froid. Les hivers sont secs et assez frais. On compte en moyenne 61 jours de gel par an. Les étés sont chauds, voire torrides. L'air est sec avec un taux d'humidité moyen annuel de seulement 47 %.

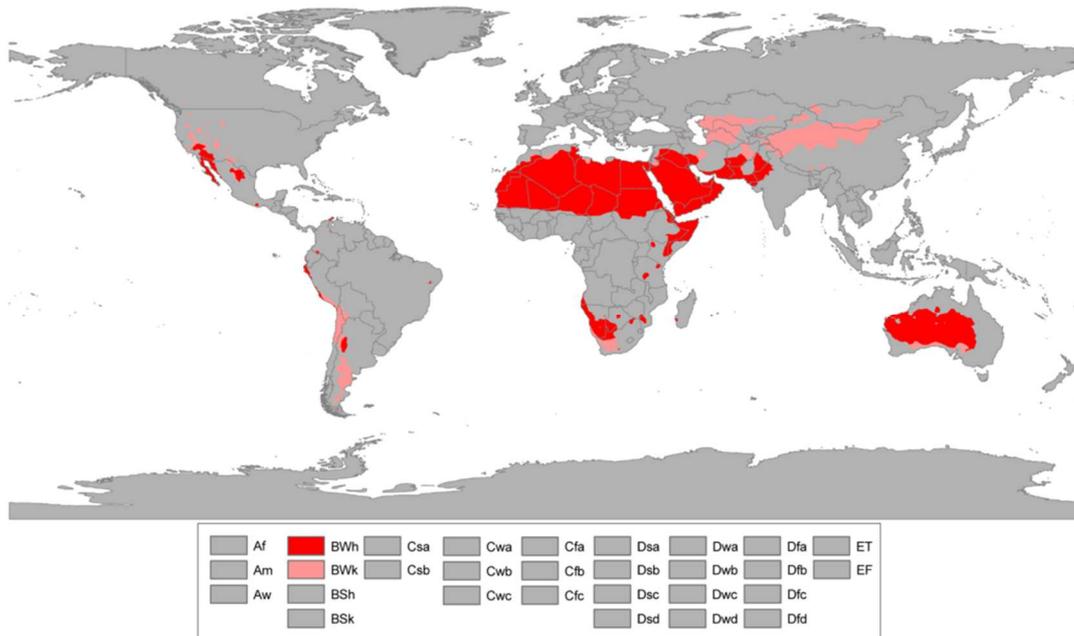


Figure 52 – Cartographie des zones BWh et BWk

Dans des conditions de stockages tel que prévus dans la maitrise des éléments ferreux, il faudra mettre en place une maitrise hygrométrique, éviter la présence d'un air salin et limiter l'oxydation, si l'aspect de la pièce est important. Les autres paramètres sont rassemblés en une seule ligne pour simplifier la lecture. Le coût est calculé suivant la formule :

$$C(lts) = \sum In + \sum Ut \times Y \times Vl + \sum Su \times Y$$

$C(lts)$  : coût global

In : Montant des investissements

Su : Montant des coûts de surveillance par période de temps (eg. Année)

Y : Durée du stockage par période

Vl : Volume de pièce en M<sup>3</sup>

Le Tableau 37 présente le détail des coûts correspondants que nous notons [ $C(lst)_1$ ].

Condition	Investissement	Utilisation	Surveillance
Maitrise hygrométrique	50	2	500
Maitrise de salinité	2000	200	0
Oxydation	5000	700	2
Autres éléments	1000	250	75
<i>Sous-total</i>	<i>8050</i>	<i>345600</i>	<i>8640</i>
<b>Cout Global</b>			<b>362290</b>

Tableau 37 – coût de stockage LTS métal ferreux non optimisé [ $C(lst)_1$ ]

$$C(lts)_1 = 8050 + 1152 \times 15 \times 20 + 576 \times 15$$

$$C(lts)_1 = 362\,290 \text{ €}$$

Dans des conditions de stockage optimisé suivant le modèle présenté, le Tableau 38 montre l'optimisation des coûts par la prise en compte des éléments de climat, avec un nouveau



résultat que nous appellerons  $[C(lst)_2]$ . Par nature, le climat BWk permettra une maîtrise suffisante de l'air, qui doit être sec. Ceci nous permet de mettre l'hygrométrie et l'oxydation sous contrôle. Pour ce qui est de la salinité, l'emplacement de El Paso est à plus de 700 km d'un air ambiant salin, nous considérons donc cet élément comme maîtrisé.

Condition	Investissement	Utilisation	Surveillance
Maitrise hygrométrie	0	0	0
Maitrise de salinité	0	0	0
Oxydation	0	0	0
Autres éléments	1000	250	75
<i>Sous-total</i>	<i>1000</i>	<i>75000</i>	<i>1125</i>
<b>Cout Global</b>			<b>77125</b>

Tableau 38 – coût de stockage LTS métal ferreux optimisé  $[C(lst)_2]$

$$C(lst)_2 = 1000 + 250 \times 15 \times 20 + 75 \times 15$$

$$C(lst)_2 = 77\,125 \text{ €}$$

L'optimisation offerte par le modèle, sur cette combinaison de stockage et par la simple application de condition naturelle, permet donc d'obtenir une économie de :

$$C(lst)_1 - C(lst)_2 = 362\,290 - 77\,125 = 285\,165 \text{ €}$$

Soit sur un exemple choisi, volontairement favorable, une économie de l'ordre de 78%.

## 5.6 Optimisation des mises en conformité des sites de stockage

La présente section se penche sur la situation réelle, à savoir qu'un produit peut être bien plus complexe que la clé auto rétractable ... (1) plusieurs dizaines de composants constitués (2) d'autant de catégories de matières. De plus le logisticien va être amené en réalité à considérer une répartition des volumes à stocker sur (3) plusieurs sites. Ces trois éléments combinés donnent une combinatoire particulièrement importante pour laquelle il faut envisager une résolution par optimisation. Elle est d'autant plus importante que l'analyse du LTS peut porter en réalité sur plusieurs produits en même temps. L'exemple pourrait être une mise à jour de la réglementation interdisant l'usage de communication à une certaine bande passante et qui toucherait plusieurs systèmes. L'optimisation visée procurerait une affectation de chaque composants et matériau à stocker sur le long terme de chaque produit touché par une PCN, à chaque site et ce en réduisant les coûts de mise en conformité. Nous proposons dans ce sens, un modèle d'optimisation qui a pour vocation de permettre de développer au sein du groupe Valeo, un vrai outil de décision sur le LTS de l'entière nomenclature des produits et matériaux produits et sur l'ensemble des sites.

### 5.6.1 Formulation mathématique du problème

Soit un composant  $p$  concerné par une PCN parmi plusieurs éléments de l'ensemble  $P$ . Il est question de planifier le LTS en accord avec l'ensemble de chaque modalité redoutée  $\lambda$  associées aux paramètres LTS relativement à chaque matière  $m$  rentrant dans la composition de ce composant.



Soit la notation suivante :

- $m$  paramètre en entiers naturels désignant la référence d'une matière dans l'ensemble  $M$
- $p$  paramètre en entiers naturels désignant le composant du produit  $P$
- $\lambda$  fait référence à une des modalités de LTS redoutées de l'ensemble  $\Lambda$
- $D_{p,m}$  variable binaire qui désigne que le composant  $p$  est constitué entièrement ou en partie de la matière  $m$  (matrice de la Figure 49)
- $V_{\lambda,m}$  espérance de stockabilité de la matière  $m$  soumise à la modalité redoutée  $\lambda$  (Matrice du Tableau 28)
- $E_{\lambda,p}$  espérance de stockabilité du composant  $p$  soumise à la modalité redoutée  $\lambda$

La formulation mathématique reliant ces deux derniers paramètres est :

$$E_{\lambda,p} = \min_{\prod D_{p,m}=1} V_{\lambda,m}; \quad \forall \lambda \in \Lambda, p \in \Pi$$

L'opérateur *Min* est utilisé dans la mesure où nous considérons que l'espérance de stockabilité ne peut être plus basse que la plus courte des matières formant le composant. Nous avons ainsi écarté le cas où l'amalgame ou le contact de certaines matières les unes avec les autres pourrait créer des réactions et précipiter la dégradation de l'ensemble (abordé en section 5.4.2).

Il est de projeter tous les sites et leur aptitude à la stockabilité via les formulations suivantes :

$$A_{\lambda,p}^{\omega} = F_{\lambda}^{\omega} \cdot E_{\lambda,p} + (1 - F_{\lambda}^{\omega}) \cdot \min_{\prod D_{p,m}=1} (B_m); \quad \forall \lambda \in \Lambda, p \in \Pi, \omega \in \Omega$$

$$M_p^{\omega} = \begin{cases} 1 & \text{si } \min_{\lambda \in \Lambda} (A_{\lambda,p}^{\omega}) \leq N_p \\ 0 & \text{sin on} \end{cases}; \quad \forall p \in \Pi, \omega \in \Omega$$

Où :

$\omega$  désigne le numéro du site parmi l'ensemble  $\Omega$

$F_{\lambda}^{\omega}$  désigne le fait qu'il y ait déjà la contrôlabilité de la modalité redoutée  $\lambda$  sur le site  $\omega$

$B_m$  Indique l'espérance de stockabilité maximale de la matière  $m$  dans les conditions idéales ... dans l'hypothèse qu'il n'y ait aucune modalité redoutée (dernière ligne de matrice de la Figure 49)



$A_{\lambda,p}^{\omega}$  Donne l'espérance maximale de stockage du composant  $p$  soumis à la modalité redoutée  $\lambda$  sur le site  $\omega$  (Matrice du Tableau 29)

$N_p$  Indique la durée de stockage exigée pour le composant  $p$  (dernière ligne du bloc du haut du Tableau 30)

La matrice de faisabilité du LTS précisant les 3 niveaux de risque évoqués dans la précédente section est obtenu par la combinaison des variables  $F_{\lambda}^{\omega}$ ,  $B_m$  et  $E_{\lambda,p}$ .

A partir de la liste des modalités non contrôlées sur le site (via  $F_{\lambda}^{\omega}$ ), il est question de trouver la combinaison des mises en conformités à déployer et ce via les variables de décisions suivantes :

$X_{\lambda}^{\omega}$  Correspond à la décision de mettre en conformité le site  $\omega$  relativement à la modalité redoutée  $\lambda$  (Colonne blanche à entête rouge du Tableau 33)

$Y_{\lambda}^{\omega}$  Indique la nouvelle configuration du site  $\omega$  après que des mises en conformités vis-à-vis de la modalité redoutée  $\lambda$  soient consenties.

Ce sont deux variables de décision interdépendantes :

$$Y_{\lambda}^{\omega} = F_{\lambda}^{\omega} \cdot (1 - X_{\lambda}^{\omega}); \quad \forall \lambda \in \Lambda, \omega \in \Omega$$

La prise en compte des mises en conformités consenties induit une nouvelle matrice d'espérance de stockabilité es composants vis-à-vis de chaque modalité redoutée dans chacun des sites considérés :

$$A_{\lambda,p}^{\omega} = Y_{\lambda}^{\omega} \cdot E_{\lambda,p} + (1 - Y_{\lambda}^{\omega}) \cdot \min_{m|D_{p,m}=1} (B_m); \quad \forall \lambda \in \Lambda, p \in \Pi, \omega \in \Omega$$

Où :

$A_{\lambda,p}^{\omega}$  Donne l'espérance de stockabilité maximale pour le composant  $p$  après la mise en conformité du site  $\omega$  relativement à la modalité redoutée  $\lambda$

Le nouveau résultat de faisabilité du stockage relativement aux durées exigées et à ceux de références (2 ans, 5 ans et 10 ans) est calculé de la sorte (dernière ligne du bloc du bas du Tableau 30) :

$$M_p^{\omega} = \begin{cases} 1 & \text{si } \min_{\lambda \in \Lambda} (A_{\lambda,p}^{\omega}) \leq N_p \\ 0 & \text{sin on} \end{cases}; \quad \forall p \in \Pi, \omega \in \Omega$$

Il est important de saisir que le but d'un tel modèle n'est pas d'identifier les mises en conformités des sites pour que l'on puisse stocker à long terme tout composant. Il est plutôt question de répartir les stocks sur différents sites en fonction de leur conformités intrinsèques



(parce des installations existent déjà ou le climat y est favorable) de façon à ordonner le moins d'investissements possibles. Dans ce sens, la fonction « objectif » est simple :

$$\sum_{\omega \in \Omega} \sum_{\lambda \in \Lambda} C_{\lambda}^{\omega} \cdot X_{\lambda}^{\omega} \quad \text{avec la condition} \quad \sum_{\omega \in \Omega} M_{\lambda}^{\omega} = 1; \forall \lambda \in \Lambda$$

Où :

$C_{\lambda}^{\omega}$  est le coût de mise en conformité du site  $\omega$  relativement à la modalité redoutée  $\lambda$

## 5.7 Limites de la méthodologie et perspective de la gestion du LTS

### 5.7.1 Aspects économiques

Le modèle d'optimisation développé permet, certes, de trouver les affectations des composants aux différents sites en garantissant une espérance de stockabilité au moins équivalant à celle exigée par les cycles de production victime de DMSMS des composants. Cependant, les résultats reposent sur le fait que les coûts considérés représentent uniquement la mise en conformité d'un site par rapport à un paramètre LTS mais n'inclut pas les coûts d'usage et de surveillance. L'aspect volumique n'est pas n'en plus pris en compte. En effet, les quantités à stocker ne sont pas prises en compte de sorte que la capacité des sites affectés n'est pas assurée. De plus, les coûts de transport, de conditionnement, de consommables, etc. ne sont pas pris en compte.

Couplé à des travaux sur la prédiction de l'obsolescence, qui supporterait la stratégie industrielle du déclin tel que présentée après, il nous paraît intéressant de développer un modèle mathématique permettant une optimisation multicritère. Ce modèle pourrait ainsi intégrer notamment le pilotage de la performance, et la gestion et l'amélioration des stocks, incluant, sans être limitatif, la durée, la maintenance, les couts détaillés, les durées de vie et les contraintes de transport. Ce sujet fait actuellement l'objet d'une réflexion pour la définition d'un sujet de thèse qui devrait aboutir a un démarrage des recherches en 2020.

### 5.7.2 De l'affectation à la localisation – approche anticipative

Le travail développé se focalise sur l'affectation des sites alors que l'on pourrait avoir une autre posture. Quelles seraient les localisations des futurs sites de LTS compte-tenu de la réglementation, du climat, des infrastructures de transport, de la situation géopolitique du lieu, ... ?

Différents modèles et stratégies sont possibles. Couplé à la feuille de route à moyen et long termes que l'organisation aura défini dans son plan stratégique, on pourra positionner l'intérêt de la gestion des localisations en incluant les projections de développement tant industrielle que dans la définition des produits. Ce qui, par ricoché, oriente technologies et matières.

La futur implantation des sites ou le choix des fusions acquisitions, pourra être orienté par les difficultés que le climat peut imposer à la technologie. Dans une même optique, sur le parc existant, l'entreprise pourra décider de rationaliser les moyens à l'aide de Hub, qui permettront de concentrer les moyens par régions et ainsi de limiter sur zone données la redondance des moyens, structure et connaissance, tout en spécialisant ces zones à un parfait maintien des produits.



Dans l'organisation actuelle, l'approvisionnement se présente suivant la Figure 53. Chaque site, suivant les règles du contrat, approvisionne de façon isolé face au fournisseur et par extension au marché. Chaque site subi ainsi, le leadtime d'approvisionnement, le minimum de commande de quelques centaines à plusieurs milliers de pièces par commandes. Il en va de même des règles de flexibilité. En cas d'exédent de ce stock, cela impactera la trésorerie par immobilisation de l'actif, en cas de rupture, le site seul devra supporter les transports exeptionnels et express voire, la mise en œuvre d'une fabrication « premium », c'est-à-dire le passage en priorité devant les autres ordres de fabrication de ce besoin, chez le fournisseur qui facture la mise en place de cet ordonnancement non planifié.

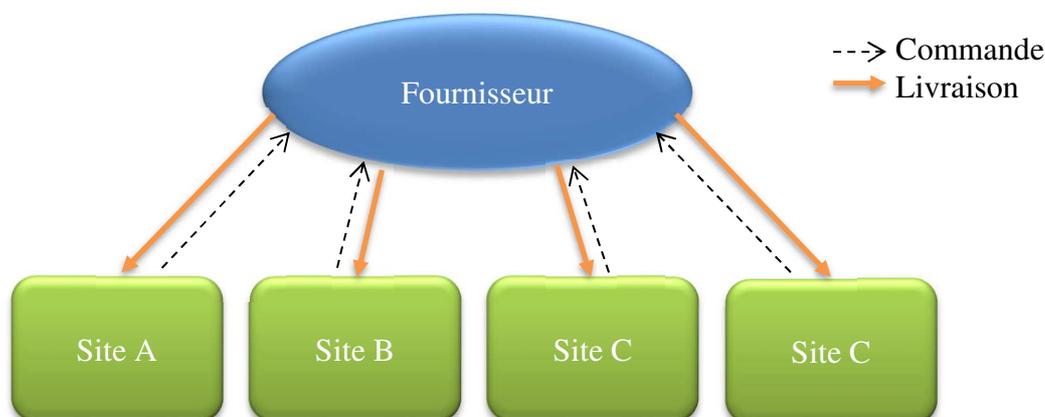


Figure 53 – Approvisionnement multi-site en schéma traditionnel

Cette rationalisation, pourra alors être proposer sous le modèle suivant (Figure 54). Ce modèle n'est pas efficace si le marché est stable et dans des volumes suffisant par rapport au minimum de commande. En revanche en cas de saturation, forte fluctuation ou gestion des fins de vie, celui-ci pourra être mis en place de façon ponctuel ou perenne sur une sélection d'approvisionnement. Celui-ci offre également l'avantage de réduire les volumes d'achat, en permettant de splitter les besoins, non pas au minimum de commande, mais à l'unité de conditionnement. Le second avantage étant de permettre au hub, par le stock tampon créé de faire amortisseur dans les fluctuations de prévision à la hausse comme à la baisse, en permettant notamment de reprendre les *excess*, et ainsi les transférer à une autre entité du groupe, de plus la matrice de flexibilité avec le fournisseur s'exprimera à un niveau groupe, ce qui permet de plus grandes amplitudes, tous les sites ne variant pas en même temps dans le même sens.



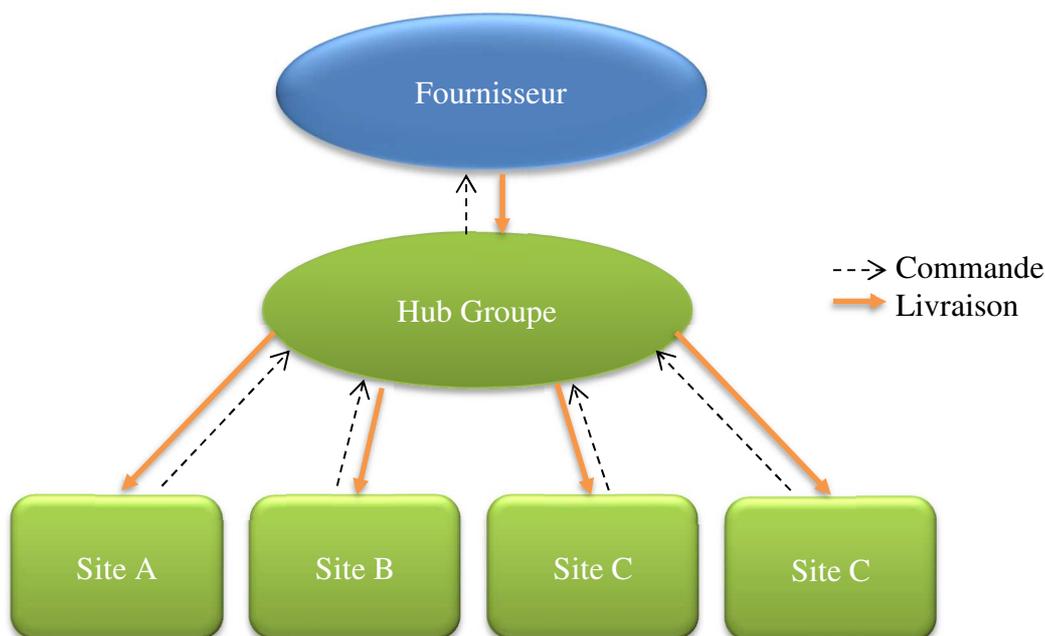


Figure 54 – Approvisionnement multi-site en pilotage Hub

Par une gestion informatisé niveau groupe, ce modèle permettra enfin une meilleure maîtrise des PCN et des excédents), une meilleure maîtrise des LBO (Sécurisation anticipé, dépannage entre site), ainsi qu’une maîtrise interne des allocations en cas de crise.

### 5.7.3 Obsolescence et fiabilité

L’obsolescence et la fiabilité sont très rarement associés, pourtant l’histoire démontre un lien dès le début du siècle dernier où la fiabilité a été le fondement même d’une des plus remarquables stratégies de croissance économique, à savoir l’obsolescence programmée. Dans les secteurs industriels majeurs, nous pouvons citer le transport, le spatial, la défense, la fourniture d’énergie, ou même la production de luxe ; ce n’est plus la fiabilité qui sert l’obsolescence mais l’obsolescence qui impact la fiabilité. Dans le secteur automobile, toujours plus technologiques, toujours plus performants les nouveaux véhicules ne doivent pas en moins rester fiables. A chaque produit ou système, une nomenclature de composants avec des taux de défaillances très différents. N’en n’oublions pas non plus, le maintien opérationnel des moyens de fabrication, qui en terme de complexité suivent la tendance des produits qu’ils fabriquent. Si la fiabilité des composants était absolue, au lendemain de l’arrêt de production, l’obsolescence des pièces n’aurait aucune utilité sur le maintien en usage des produits. Pourtant dans le cycle de service du produit, ce qui conditionne le plus son intégrité est le fait qu’il devienne soit défaillant, soit obsolète. Cela montre que la gestion de l’obsolescence est étroitement liée à la fiabilité.

Par conséquent, la détermination des pièces de rechange critiques, l’estimation de la fréquence à laquelle des remplacements peuvent être requis et ainsi des volumes requis doivent se faire avec le plus de précision possible. L’intégration de facteur prédiction de disponibilité commerciale et du maintien en bonne condition des éléments en possession rentreront dans la projection de possibilité de maintien en bonne condition opérationnelle. De notre point de vue, ces éléments devraient faire l’objet d’étude dès la phase de projet du produit, puis être suivie de manière périodique considérant la survenue intempestive d’obsolescence comme facteur déterminant des quantités de pièces de rechanges nécessaires.

Ce principe mis en évidence lors des premières réunions de recherche a finalement pris la forme d’un projet de recherche qui s’est concrétisé par un démarrage de thèse en 2019.



#### 5.7.4 Stratégie industrielle du déclin

Lorsque la taille des lots de fabrication doit se limiter au besoin réel du client, les règles basiques de calcul de taille de lot économique ne sont plus applicables. Si on ajoute à ce contexte, l'étude des cycles de vie en se focalisant sur les périodes de déclin et « after-sales », associée à la nécessité d'adapter les tailles de lot de fabrication à la prévision de vente dont l'évolution est décroissante, le problème en devient encore plus complexe. C'est ici, un des principaux enjeux pour les manufacturiers automobiles, qui produisent deux à trois fois plus longtemps en période de rechange quand période de série. Cette étude, qui fait l'objet d'un projet au sein de Valeo, doit s'appuyer en premier lieu sur le modèle de Wilson, reprenant la quantité économique de commande, qui optimise le coût d'acquisition par la convergence de la quantité à commander et du coût de stockage.

A partir d'une analyse des cycles de vie et à la caractérisation des besoins pour chaque type de produit et chaque client, nous retravaillons la problématique en incluant la période maximum de stockage et l'optimisation des moyens de productions afin d'obtenir le meilleurs compromis coût / faisabilité. Cette étude aura pour but de proposer des actions industrielles « pro-active et préventives » permettant de réadapter et décomplexifier les moyens industriels en fonction du besoin réel (en terme de fonctionnalité attendue) du client, permettant ainsi de réduire les couts de productions, d'améliorer la fiabilité en réduisant les périodes de stockage et d'augmenter la flexibilité et l'agilité à produire.

### 5.8 Conclusion

Dans ce chapitre, l'idée a été de coller à la réalité du terrain à savoir la prise en compte des nombreuses dispositions et prédispositions des sites de stockage existants et les confronter aux exigences de stockabilité des articles. Cette variante du modèle en multi-site, telle que présentée dans les sections 2, 3 et 4, est adaptée à des schémas de localisation de sites où plusieurs classes de climat sont possibles. Idéalement, pour s'adapter à toutes les typologies de matières, il faudrait pouvoir disposer de l'ensemble du spectre de climat. Ce modèle, permet d'assurer un résultat conforme, quelques soit la demande en assurant le coût le plus faible possible, en tout cas, un coût le plus précis possible compte-tenu du long terme du stockage. Comme dit précédemment, le besoin d'un outil à la fois pragmatique et utilisable par toute partie prenante d'une démarche de LTS, nous a conduit à développer un démonstrateur en sus d'un modèle formel d'affectation des articles à stocker aux sites identifiés. Ce démonstrateur se veut un moyen de produire, lorsque nécessaire, des spécifications claires pour le développement futur d'un outil de maîtrise et de planification du LTS à grande échelle. De plus, il a pour objectif d'illustrer de manière accessible toutes les notions que nous avons introduit comme l'espérance de stockabilité pour un produit multi-matière, une aptitude au LTS pour un site de stockage, etc. De plus, nous disposons dès maintenant d'un véritable moyen de sensibilisation à la problématique et d'un outil opérationnel de formation. Enfin, nous voulions, à travers cette dernière section de chapitre, ouvrir la voie à de nouveaux champs de recherche et bien entendu à des opportunités de transfert Recherche/Industrie.



## Conclusion générale

Après un chapitre d'introduction, où nous avons permis de mettre en évidence les liens obsolescences et DMSMS, conceptualisé sous le terme O/DMSMS, nous avons également pu expliquer les différents impacts, dresser l'inventaire des 8 remédiations et leurs liens avec la stratégie industrielle des entreprises et des filières. Nous comprendrons que cela implique également la réglementation et avons pu clarifier ce qu'est l'obsolescence programmée, même cette étude l'exclue totalement du cadre de recherche. Ensuite la filière automobile, son marché et leurs segmentations ont été présentés. Cela a permis de mettre en évidence les volumes extrêmement importants, en milliards de pièces par an, ainsi que la complexité de gestion qui en découle pour les équipementiers. Ceux-ci faisant face à des durées de maintien en service de plusieurs décennies, les constructeurs leur ayant en plus imposés la mise en place de système de management de la qualité, sur lequel l'IATF définit le standard et les révisions, transférant ainsi une large part des responsabilités à ses tiers. Enfin, nous avons terminé par la relation client fournisseur des équipements et plus spécifiquement présenté l'état des lieux chez Valeo, ses enjeux et sa gestion de l'obsolescence. Cela nous aura permis de définir un cadre de recherche, qui s'est affiné à l'analyse de risques industriels liée à une mauvaise gestion de l'obsolescence. Etant mandaté dans cette étude par l'entreprise Valeo, il va de soi que l'aspect gain a une place primordiale dans ce qui sera l'orientation de la recherche.

L'état de l'art nous aura permis de cerner les différents types d'obsolescences (qu'elle soit relative ou absolue), leurs causes racines et d'identifier certains leviers, qu'ils soient chez l'utilisateur, le fabricant ou les services publics. Nous avons mis en évidence que les choix de conception doivent être liés à l'usage qu'il sera fait et permettrait ainsi d'être plus résilient durant le cycle de vie du produit. Ces éléments devraient être mis en évidence lors d'une recherche sur la propagation et la prédiction de l'obsolescence. Ensuite la revue des différents standards de management de l'obsolescence, nous a permis de conforter l'orientation de notre définition de l'obsolescence : « L'obsolescence est la conséquence d'un événement qui impacte directement l'usage, l'utilité, le fonctionnement et/ou altère ou rend inutilisable un produit. L'obsolescence peut se propager en amont ou en aval, elle peut être directe ou indirecte ». Celle-ci s'oppose à celle des normes actuellement en place qui ne traitent que de la fin de disponibilité commerciale, ou en d'autres termes la disparition de l'article au catalogue du manufacturier. Nous avons pu dévier sur le cœur du sujet et son applicabilité au secteur des manufacturiers automobiles et comprendre les nombreuses recommandations et directives que contenaient l'IATF TS16949 qui régissent le suivi des fins de vie et des modifications. Ces éléments indissociables ajouteront de la complexité à notre traitement, néanmoins nous n'aurions pu en faire l'impasse au risque de nous retrouver dans une situation où les solutions et préconisations seraient inapplicables pour une meilleure maîtrise des sources d'O/DMSMS chez Valeo. Dans la dernière partie de l'état de l'art, une ouverture à d'autres méthodes et services support a été présentée. Par l'utilisation des méthodes de Monte Carlo, et sur la base des travaux du *Center for Advanced Life Cycle Engineering* de l'université du Maryland. Par les alternatives technologiques qu'elles soient additive, impression 3D ou par transferts. Pour conclure cet état de l'art en développant le lien indéfectible entre stockage sur le long terme et O/DMSMS et nous permettre en dernier lieu d'étudier les différentes classifications de climat qui nous permettront de classer les sites de stockages.

Le premier chapitre d'apport, appliqué au management des notifications de modification produit et/ou process et des notifications des fins de vie, nous a permis d'étudier le processus tel qu'il a été réalisé. Nous avons dès lors pu établir les synoptiques et supporter les décisions en axant la réflexion sur les cycles de vie et les stratégies de remédiations. Le challenge fut de fournir une grille de lecture au décideur. De cette analyse deux nouvelles remédiations ont alors été contextualisées et



introduites. Un cas d'étude concret sur les systèmes d'accès a été par la suite fourni. Par ailleurs, tout au long du chapitre, nous avons veillé à systématiquement contextualiser, remettre en question et justifier les solutions à déployer pour la gestion des PCN.

Tel que cela a été observé dans l'état de l'art, nous avons pu apporter à l'entreprise l'évidence qu'il fallait étendre l'analyse des solutions de remédiations au-delà du périmètre des équipes projet et R&D, en impliquant les services supports et industriels. De ce constat, nous identifierons un verrou scientifique, en l'objet du LTS (peu de littérature et méprise quant à l'impact économique réelle lors de PCN *a posteriori* dans le secteur automobile).

Dans le chapitre suivant, qui se concentre sur la pratique et la prise de décision appliqué au stockage sur le long terme, nous démontrons, par les faits et les chiffres, que l'utilité de gérer correctement LTS dépasse le cadre de O/DMSMS. Par l'inventaire des conditions de stockage et de l'espérance de stockabilité des matières et composants nous avons pu établir une table de paramètres et facteurs clés d'influence. La prédominance des facteurs climatiques et la nécessité d'apporter une solution accessible à l'entreprise, nous a conduit à proposer une classification des matières, une autre des zones climatiques. Par analogie avec le stockage du vin, nous avons pu établir une typologie des paramètres et modalités des conditions de stockage pour amener le problème de dimensionnement et d'estimation de la stockabilité à long terme à un problème d'affectation. La complexité du problème résidera dans le nombre de solutions envisageable puisqu'elles dépendent du nombre de modalités et paramètres considérés, du niveau de détail voulu de la classification des matières et de la diversité des sites de stockage existants au sens climatique du terme. Ce chapitre apporte la base des éléments permettant la résolution du problème traité au chapitre suivant.

Enfin, dans le cinquième et dernier chapitre, par la considération compte des nombreuses dispositions et prédispositions des sites de stockage existants, nous avons pu mener une étude comparative avec les conditions réelles de magasin logistique chez Valeo et les confronter aux exigences de stockabilité des articles. Nous avons ainsi pu mettre en application une variante du modèle en multi-site, qui s'avère être plus adaptée à des schémas de localisation de sites avec une multitude classes de climat possibles, tel que nous le retrouvons dans une multinationale. Ce modèle garantie d'obtenir une faisabilité du LTS au coût le plus juste possible ; et il offre en sus, une interface accessible aux différents acteurs impactés par la mise en place d'une telle démarche. Ce démonstrateur se veut un moyen de produire, lorsque nécessaire, des spécifications claires pour le développement futur d'un outil de maîtrise et de planification du LTS à grand d'échelle. De plus, il a pour objectif d'illustrer de manière accessible toutes les notions que nous avons introduit comme l'espérance de stockabilité pour un produit multi-matière, une aptitude au LTS pour un site de stockage, etc. Cet outil opérationnel qui remplit son engagement de support à la décision, offre entre autre, l'intérêt de supporter la sensibilisation et la formation.

Enfin, nous voulions, insister sur le fait, qu'en plus d'une réelle opportunité de transfert Recherche/Industrie, cette étude a permis d'ouvrir la voie à de nouveaux champs de recherche. Notamment par le fait que le problème de LTS engrange un grand nombre de données techniques qu'il faudrait organiser autour d'un système d'information dédié. Un SI où seront disposées les nomenclatures des produits, des matières et des cycles de productions dans lesquels ils sont inclus.

Pour finir, d'ajouter que bien qu'il existe un groupe de travail au sein de l'AFNOR et une association « HOP » (Halte à l'obsolescence programmé), il ne m'aura été permis de trouver de structure française, qui m'aurait permis de supporter cette recherche. Fort de ce constat, et prenant conscience qu'une structure de ce type aurait toute son importance, j'ai proposé la création de l'Institut français de l'obsolescence. C'est ainsi, que le travail de mon devoir de transmission démarra avec l'ambition de promouvoir toute action autour de la thématique de l'obsolescence et de la diminution des sources d'approvisionnement et rupture matières. L'institut qui collabore déjà d'ores et déjà avec d'autres structures (Université de Edge-Hill, *International Institute of Obsolescence Managment*, IIOM), correspond au besoin de réunir la communauté des experts et des



praticiens, dans un réseau de partage de connaissances, et de les conduire à promouvoir leurs réflexions et méthodes en France comme à l'étranger. Pour cela, l'institut français de l'obsolescence pourra organiser tout type de manifestation et apporter un service et conseil en lien avec l'obsolescence et le DMSMS. Il supportera, il en est sûr, de nombreuses publications futures, l'association disposant d'une cellule de recherche scientifique, cette dernière pouvant s'associer à d'autres structures, entreprises ou organismes publics, en France comme à l'étranger.



## Références bibliographiques

- Abate, F., and M. Violante. "Coping with Obsolescence of Processor Cores in Critical Applications." *IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance of VLSI Systems*, n.d.: 2008.
- ADEME. Erwann FANGEAT, Clément CHAUVIN et le pôle usage et durée de vie. "Allongement de la durée de vie des produits." Rapport d'étude, 2016.
- Aerospace-valley. <https://www.aerospace-valley.com/>. 2017. <https://www.aerospace-valley.com/>.
- AFP, 6MEDIAS &. "L'Italie a osé : APPLE et SAMSUNG condamnés pour obsolescence programmée." *CAPITAL*, 2018: <https://www.capital.fr/entreprises-marches/obsolescence-programmee-litalie-sanctionne-apple-et-samsung-1312609>.
- Airbus. " Part 1 - Product, Chapter 14 - Issue B : Obsolescence Management." In Airbus, "Equipment - Design - General Requirements For Suppliers" . Toulouse, n.d.
- Automotive Parts Remanufacturers Association. 2018. [www.apra.org](http://www.apra.org).
- Baker, A. "Configurable obsolescence mitigation methodologies." *Procedia CIRP, International Through-life Engineering Services Conference*, 2013: 352 – 356.
- Bartels, B., U. Ermel, P. Sandborn, and M. G. Pecht. *Strategies to the prediction, mitigation and management of product obsolescence*. John Wiley & Sons., 2012.
- Bastia, S. "Next Generation Technologies to Combat Counterfeiting Of Electronic Components." *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, 2002: 175–176.
- Bayus, Barry L. ""The consumer durable replacement buyer." " *Journal of Marketing* , 1991: 42-51.
- Boeing. "Electronic Component Management Plan (ECMP)." *D6-55583 Revision C*, 2011.
- Boradkar, Prasad. "Planned Obsolescence: Unsustainable Consumption." In *Designing Things: A Critical Introduction to the Culture of Objects New York*, by Prasad Boradkar, 179-210. Berg Publishers, 2010.
- Bovea, M. A. D., and Victoria Pérez-Belis. "A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process." *Journal of Cleaner Production*, 2012: 61-71.
- Box, J. "Extending Product Lifetime: Prospects and Opportunities." *European Journal of marketing*, 1983: 34–49.
- Brezet, Han, and Carolien Van Hemel. " "Ecodesign." A Promising Approach." *United Nations Publication*, 1997.
- British Standard Institute. "Obsolescence management- application guide." *British Standard*, 2007: BS EN 624402:2007.
- Buratti, M., and D Brusco. "The obsolescence management based on a ' pro-active' approach in conjunction with a 'pre-planned' technology insertion route." *Research and Technology Organisation*, 2000.
- Burns, Brian. "Re-Evaluating Obsolescence and planning for it." *Long Lasting Products: Alternatives to the Throwaway Society*. Surrey, 2010: 39-60.
- Carayon, J.L. "Emulation Techniques for Solving Processor Obsolescence." *DASIA 2007: DAta Systems In Aerospace Conference*, 2007.
- Chalkley, Ann-Marie, Eric Billet, Daniel Harisson, and Graham Simpson. "Development of a Method for Calculating the Environmentally Optimum Lifespan of Electrical Household Products." *Journal of Engineering Manufacture*, 2003: 1521-1531.
- Chapman, Jonathan. "Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy." *Earthscan*, 2005.
- Cheers Interactive. 2018. <http://www.cheersin.com/automotive/>.



- Cooper, Tim. "Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence." *Journal of Consumer Policy*, 2004: 421- 449.
- Cooper, Tim. "Policies for Longevity." *Longer Lasting Products: Alternatives to the Throwaway Society*, 2010.
- . "Sustainability consumption and Throwaway Culture." New-York and London: Bloomsbury Publishing, 2013. 137-155.
- Cretenet, A. "Obsolescence of electronics potential impact on subsea control from an operator standpoint in Subsea Control and Data Acquisition: experience and challenges." *Conference Data Services*, 2004: 55-60.
- Cutrona, Gaetano, Andrea Margini, and Cesare Fantuzzi. "Value Chain vs Life Cycle Approach for Product Extensions ." *CIISE*, 2016.
- Déméné, C., and A. Marchand. "L'obsolescence des produits électroniques: des responsabilités partagées." *Les ateliers de l'éthique/The Ethics Forum*, 2015: 4-32.
- Den Hollander, Marcel C., Conny A. Bakker, and Erik Jan Hultink. "Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms." *Journal of Industrial Ecology*, 2017: 517-525.
- Department of Defense, US. *Regulation 4140.1-R*. n.d.
- Department of Transportation Federal Aviation Administration. "Obsolescence and Life Cycle Management for Avionics." *Final report*, 2015.
- European Environment Agency. "The European Environment - State and Outlook 2010: Synthesis." 2012.
- Feldman, Kiri, and Peter Sandborn. "Integrating technology obsolescence considerations into product design planning." *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.*, 2007.
- Gaillat, Gérard. "Generic Tools and Methods for Obsolescence Control." *Strategies to Mitigate Obsolescence in Defense Systems RTO SCI Symposium*, 2000.
- Gao, C., X. Liu, and X. Wang. "A model for predicting the obsolescence trend of fpga." *The Proceedings of 2011 9th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety*, 2011: 1354–1358.
- Gupta, Yash, and Wing Sing Chow. "Twenty-five years of life cycle costing—theory and applications: a survey." *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1985: 51-76.
- Hagan, Gary. *Glossary of Defense Acquisition Acronyms & Terms* . Fort Belvoir: Defense Acquisition University Press, 2009.
- Hai-Yong, Kang, and Julie M. Schoenung. "End-of-life Personal Computer Systems in California: Analysis of Emissions and Infrastructure Needed to Recycle in the Future." *IEEE*, 2006.
- Hastings, W. K. "Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications." *Biometrika*, 1970: 97–109.
- Henke, A. L., and S. Lai. "Automated parts obsolescence prediction." *Proceedings of the DMSMS Conference*, 1997.
- Ijomah, W, J Bennett, and J Pearce. "Remanufacturing evidence of environmentally conscious business practices in the UK." *Proceedings of the 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, 1999.
- Jacobson, Ralph. *2.5 quintillion bytes of data created every day. How does CPG & Retail manage it?* April 24, 2013. <https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/consumer-products/2-5-quintillion-bytes-of-data-created-every-day-how-does-cpg-retail-manage-it/>.
- Lambert, Maude-Emmanuelle. "Québécoises et Ontariennes en voiture! L'expérience culturelle et spatiale de l'automobile au féminin (1910-1945)." *Revue d'histoire de l'Amérique française*, 2009: 305-330.



- Lipovetsky, Gilles. *Le bonheur paradoxal: essai sur la société d'hyperconsommation*. Paris: Gallimard, 2006.
- Liptak, Bela. *Instrument Engineers' Handbook, Volume 3: Process Software and Digital Network*, 1995: 804.
- Liu, Jun S., Faming Liang, and Wing Hung Wong. "The Multiple-Try Method and Local Optimization in Metropolis Sampling." *Journal of the American Statistical Association*, 2000: 121–134.
- Livingston, H. "Avoiding Counterfeit Electronic Components." *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, 2007: 187–189.
- Luttrupp, Conrad, and Jessica Lagerstedt. "EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development." *Journal of Cleaner Production*, 2006: 1396-1408.
- MacCormac, P. "Getting proactive in the fight against obsolescence." *Engineering Technology*, 2003: 28.
- Martino, Luca, and Jesse Read. "On the flexibility of the design of multiple try Metropolis schemes." *Computational Statistics*, 2013: 2797–2823.
- Matsumoto, Mitsutaka, and Yasushi Umeda. "An analysis of remanufacturing practices in Japan." *Journal of Remanufacturing*, 2011.
- Murakami, S., M. Oguchi, T. Tasaki, I. Daigo, and S. Hashimoto. "Lifespan of commodities, part I: The creation of a database and its review." *Journal of Industrial Ecology*, 2010: 598-612.
- OCDE. *La durée de vie des produits et son allongement: Contribution à la gestion des déchets*. Organisation de Coopération et de Développement Économiques, 1982.
- OCIA. 2019. [www.ocia.net](http://www.ocia.net).
- Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole. *OPEP*. 2018. [www.opec.com](http://www.opec.com).
- Oswald, I., and A. Reller. "E-waste: A story of trashing, trading, and valuable resources. ." *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 2011: 41-47.
- Park, Miles. "Defying Obsolescence." *Longer Lasting Products: Alternatives to the Throwaway Society*, 2010.
- Park, Miles. "Sustainable Consumption in the Consumer Electronic Sector: Design Solutions and Strategies to Minimise Product Obsolescence." *6th Asia Pacific Roundtable for Sustainable*, 2010.
- Pecht, M., R. Solomon, P. Sandborn, C. Wilkinson, and D. Das. " Life-Cycle Forecasting, Mitigation Assessment and Obsolescence Strategies." *CALCE EPSC Press, College Park, Maryland*, 2002.
- Peters, L.S. "GEM: Technology for Improved Logistics Support." *Proceedings of the IEEE 1993 National Aerospace and Electronics Conference*, 1993.
- Pigosso, Daniela, Cristina Antelmi, Tim C. McAloone, and Henrique Rozenfeld. "Characterization of the state-of-the-art and identification of main trends for Ecodesign Tools and Methods: Classifying three decades of research and implementation." *Indian Institute of Science*, 2015: 405-427.
- Rojo, F. "Development of a framework for obsolescence cost estimation." *Cranfield University*, 2011.
- Romero Rojo, F.J., R. Roy, and E. Shehab. "Obsolescence management for long-life contracts: State of the art and future trends." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* , 2010: 1235–1250.
- Romero, Rojo F J, R Roy, and S Kelly. "Obsolescence Risk Assessment Process Best Practice Core Steps." *Journal of Physics: conference Series*, 2012.
- Rosenberg, Emilie. " Le «modèle américain» de la consommation de masse ." *Cahiers d'histoire*, 2009: 111-142.



- Sandborn, P., F. Mauro, and R. Knox. "A data mining based approach to electronic part obsolescence forecasting. Components and Packaging ." *IEEE*, 2007.
- Sandborn, Peter. "Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Forecasting technology and part obsolescence." *Journal of Engineering Manufacture*, 2017: 2251-2260.
- Sandborn, Peter. "Trapped on Technology's Edge." *IEEE Spectrum*, 2008: 42–58.
- Shaw, W., F. Speyere, and P. Sandborn. "Diminishing manufacturing sources and material shortages (dmsms) non-recurring engineering (nre) cost metric update." *Final report, ARINC Engineering Services*, 2010.
- Shuman, L. M. "Cost benefit analysis tools for avionics parts obsolescence." *Maxwell airforce base Alabama*, 2002.
- Silicon expert. *Forecast-years-end-of-life*. 2018. <https://www.siliconexpert.com/forecast-years-end-of-life>.
- Singh, P., and et al. "Determining optimum redesign plans for avionics based on electronic part obsolescence forecasts." *Society of Automotive Engineers*, 2002.
- Singh, P., and P. Sandborn. "Obsolescence driven design refresh planning for sustainment dominated systems." 2006: 115-139.
- Slade, G. "Made to break: Technology and obsolescence in America." *Harvard University Press*, 2006.
- Steinhilper, R. "Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling." *Stuttgart Fraunhofer IRB. Verlag*, 1998.
- Stradley, J., and D. Karraker. "The Electronic Part Supply Chain and Risks of Counterfeit Parts in Defense Applications." *IEEE Transactions Components and Packaging Technologies*, 2006: 703–705.
- TDK Corporation. "TDK announces result of takeover offer for EPCOS." *Press Release*, 2008.
- Tomczykowski, J. W. "A study on component obsolescence mitigation strategies and their impact on R&M." *Transforming Technologies for Reliability and Maintainability Engineering*, 2003: 332-338.
- Tomczykowski, W. "DMSMS Acquisition guidelines: Implementing parts obsolescence." 2001.
- US Department of transportation, Federal Aviation Administration. *Obsolescence and Life Cycle Management for Avionics*. 2015.
- VALEO. *Valeo remanufactured starters and alternators*. 2019. <https://www.Valeoservice.com/en-com/passenger-car/electrical-systems/Valeo-remanufactured-starters-alternators-oe-leadership>.
- Van Nes, Nicole. "Understanding Replacement Behaviour and Exploring Design Solutions." *Longer Lasting Products: Alternatives to the Throwaway Society*, 2010.
- Van Nes, Nicole, and Jacqueline Cramer. "Influencing Product Lifetime through Product Design." *Business Strategy and the Environment*, 2005: 286-299.
- Ward's Auto. 2010. <https://www.wardsauto.com/> (accessed 2018).
- Watts, Dalila. *Démystifier la veille réglementaire HSE: Le guide santé-sécurité et environnement*. AFNOR Editions, 2015.
- Whiteley, Nigel. "Toward a throw-away culture. Consumerism, 'style obsolescence' and cultural theory in the 1950s and 1960s." *Oxford Art Journal*, 1987: 3-27.
- Wilkinson, Chris. n.d.
- Wilkinson, Chris. "Obsolescence and life cycle management for avionics." , 2015: DOT/FAA/TC-15/33.
- Zolghadri, M., S.A. Addouche, K. Boissie, and D. Richard. "Obsolescence prediction: a bayesian model." *Procedia CIRP* 70,, 2018: 392 – 397.



## Glossaire

<b>Abréviations</b>	<b>Description</b>	<b>Désignation</b>
<b>4M</b>	Method, Man, Material, Machine	Méthode, Main-d'œuvre, Matière, Machine
<b>ADEME</b>		Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>AIAG</b>	Automotive Industry Action Group	Groupe d'action de l'industrie automobile
<b>AMDEC</b>		Analyse Méthodologique de Défaillance et de leurs Criticités
<b>AML</b>	Approved Manufacturing List	Liste des fournitures/fournisseurs approuvés
<b>ANFIA</b>	Associazione Nazionale Filera Industrie Automobilistiche	Association nationale de la filaire de l'industrie automobile
<b>BOM</b>	Bill of Materials	Nomenclature
<b>CAFE</b>	Corporate Average Fuel Economy	Corporatif de l'économie moyenne de carburant
<b>CALCE</b>	Center for Advanced Life Cycle Engineering	Centre d'ingénierie avancée du cycle de vie
<b>COTS</b>	Component Off The Shelf	Composant sur étagère
<b>DLA</b>	Defence Logistics Agency	Agence de la logistique de défense
<b>DMEA</b>	Defense Micro-Electronics Activity	Activité micro-électronique de la défense
<b>DMSMS</b>	Diminishing of Manufacturing Sources and Material Shortage	Diminution des sources de fabrication et des pénuries de matériaux
<b>(US) DoD</b>	(United States) Department of Defense	Département de la défense des États-Unis d'Amérique.
<b>EOL</b>	End Of Life	Fin de vie
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning	Progiciel de gestion intégré
<b>FIEV</b>		Fédérations des industries de

		équipementiers pour véhicules
<b>FIFO</b>	First In, First Out	Premier entré, premier sortie
<b>FTA</b>	Factor Tree Analysis	Analyse par arbre des facteurs.
<b>GEEDS</b>	Group Electronics Expertise & Development Services	Groupe d'expert en électronique et service de développement
<b>GPCC</b>	Global Precipitation Climatology Centre	Centre mondial de climatologie des précipitations
<b>IAM</b>	Independant After Market	Marché des produits reconditionnés
<b>IATF</b>	International Automotive Task Force	Groupe de travail international sur l'automobile
<b>IEC (CEI)</b>	International Electrotechnical Commission	Commission internationale de l'électrotechnique (CEI)
<b>INPI</b>		Institut National pour la Propriété Industrielle
<b>IoT</b>	Internet of Things	Internet des objets
<b>JKK</b>	Jack Knife Key	Clé repliable
<b>JOMWG</b>	Joint Obsolescence Management Working Group	Groupe de travail conjoint sur la gestion de l'obsolescence
<b>KCC</b>	Koppen Climate Classification	Classification du climat de Koppen
<b>LBO</b>	Last Buy Order	Dernière commande (originellement effectué en fin de cycle de production)
<b>LTB</b>	Last Time Buy	Dernier Achat
<b>LTS</b>	Long Time Storage	Stockage à long terme
<b>LTSFM</b>	Long term storage feasibility model	Modèle de faisabilité du stockage sur le long terme
<b>MCMC</b>	Markov Chain Monte Carlo	Methode de Monté-Carlo par chaines de Markov
<b>MLCC</b>	Multi-Layer Ceramic Capacitor	Capacité céramique multicouches
<b>MOQ</b>	Minimum Order Quantity	Taille de lot minimum de commande
<b>MOQ</b>	Minimum Order Quantity	Quantité minimum de commande
<b>MSQ</b>	Minimum Shipping Quantity	Taille de lot minimum de livraison
<b>NAVSEA</b>	Naval Sea Systems Command	Commandement des systèmes navals



		maritimes
<b>NBOH</b>	New Business on Hold	Blocage de prise de nouveau marché
<b>ND</b>		Non Déterminé
<b>NRE</b>	Non Recurrent Expenses	Coût non récurrent
<b>O/ DMSMS</b>	Contraction of terms Obsolescence and Diminishing of Manufacturing Sources and Material Shortage	Contraction des termes obsolescence et diminution des sources de fabrication et des pénuries de matériaux
<b>OCIA</b>	International Organization of Motor Vehicle Manufacturers	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer	Fabricant d'équipement d'origine
<b>OES</b>	Original Equipment Supplier	Fournisseur d'équipement d'origine
<b>OTAN</b>		Organisation du traité de l'Atlantique nord
<b>PCBA</b>	Printed Circuit Board Assembly	Carte électronique
<b>PCN</b>	Product/Process Change Notification	Notification d'un changement de produit/process
<b>PDN</b>	Product Discontinuance Notification	Notification d'une rupture de produit
<b>PI</b>		Propriété Intellectuelle
<b>PIC</b>		Plan Industriel et Commercial
<b>PRS</b>		Pré Séries
<b>PRU</b>		Prix de revient unitaire
<b>R&amp;D</b>	Research & Development	Recherche & Développement
<b>REACH</b>	Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals	Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques
<b>RoHS</b>	Restriction of Hazardous Substances in electrical and electronic equipments	Restriction des substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques
<b>S/E</b>		Sous Ensemble
<b>SMMT</b>	Society of Motors Manufacturers and Traders	Société des fabricants et négociants de moteurs
<b>SMQ</b>		Système de Management de la Qualité
<b>SQA</b>	Supplier Quality Assurance	Assurance qualité fournisseur



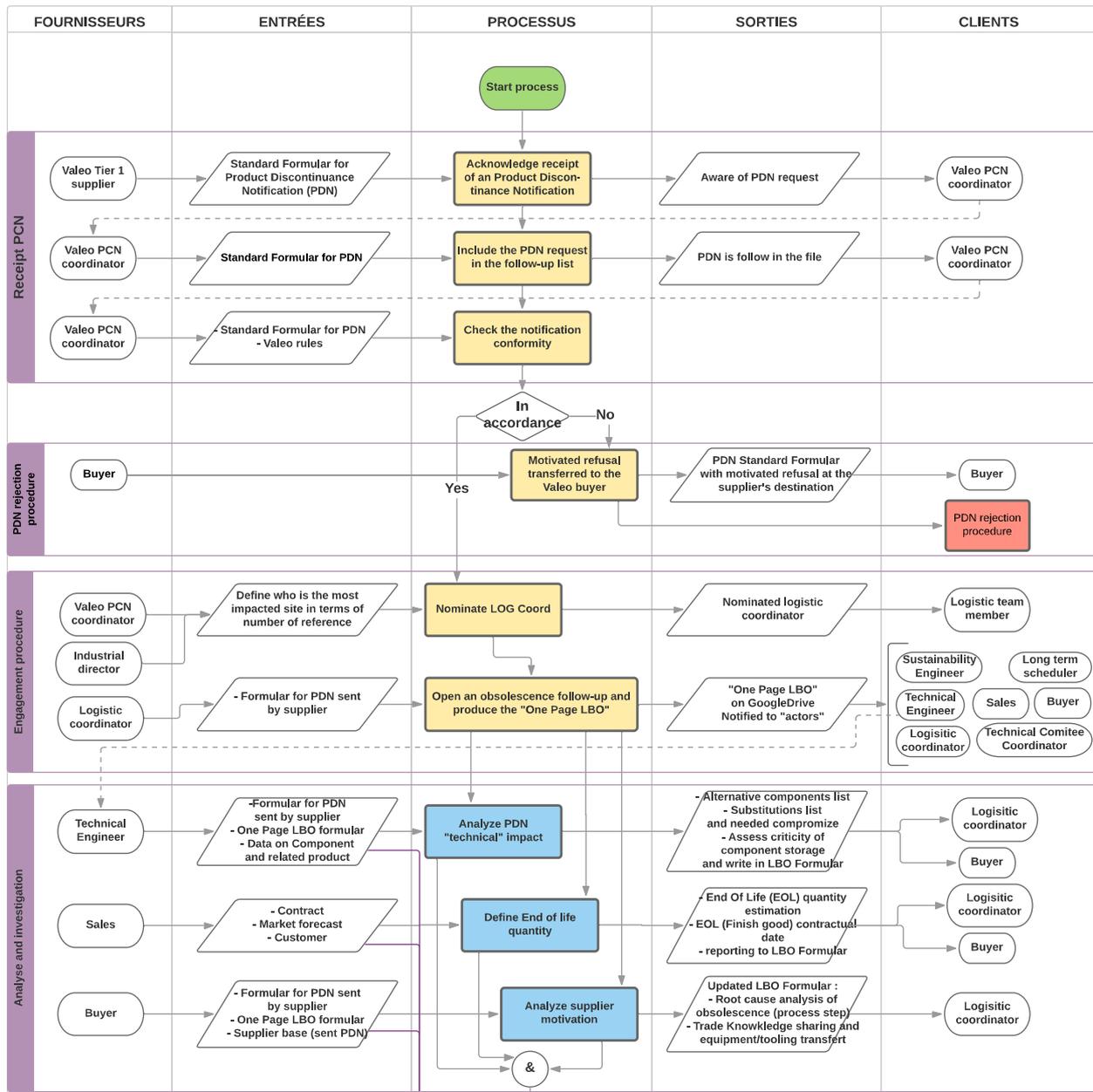
<b>SRM</b>	Supplier Relationship Management	Management de la relation fournisseur
<b>STANAG</b>	Standardization Agreement	Accord de normalisation
<b>SVRF</b>	Specific Valeo Requierement File	Fichier des exigences spécifiques de Valeo
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator	Localisateur de ressources uniformes
<b>UTE</b>		Union technique de l'électricité
<b>UV / IR</b>	Ultraviolet / InfraRed	Ultraviolet / Infra
<b>VDA</b>	Verband der Automobilindustrie	Association de l'industrie automobile

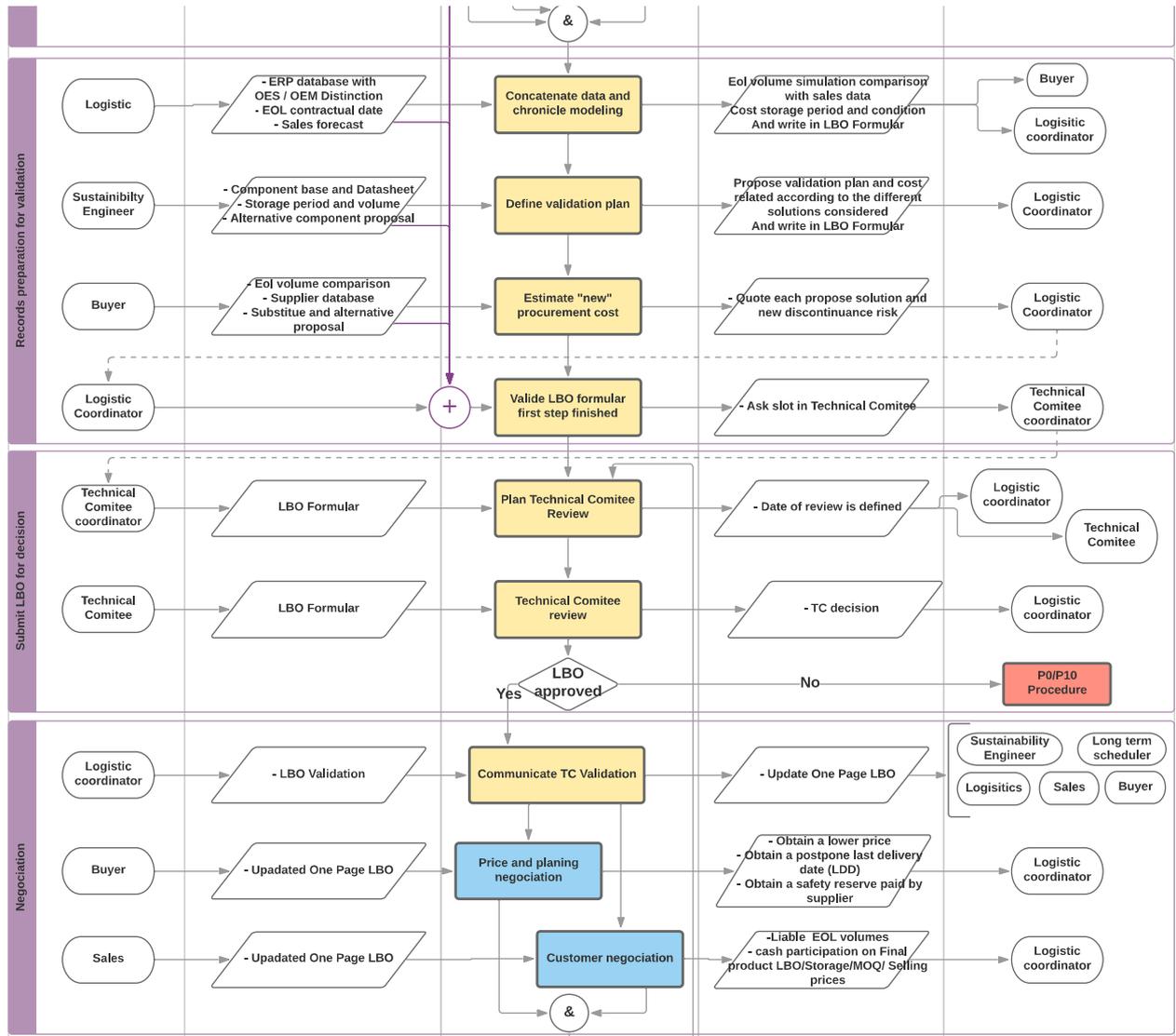


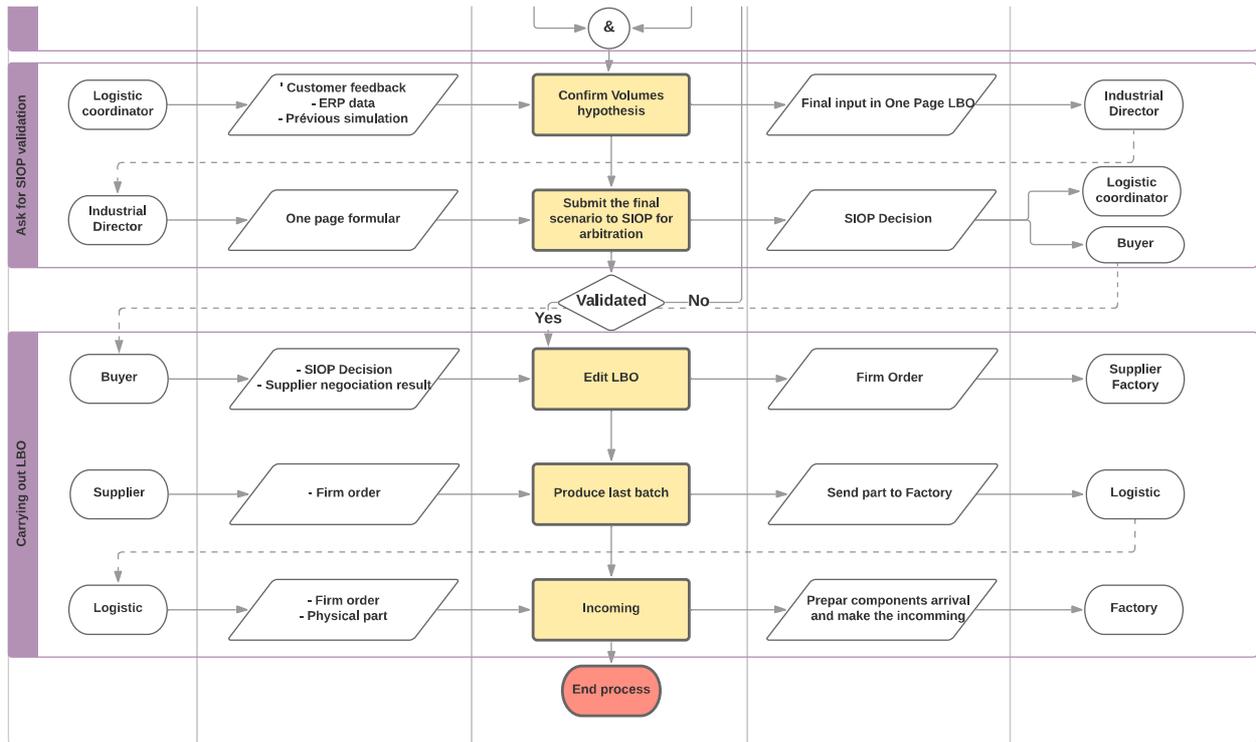
# Annexes



# Annexe A Processus de gestion de PCN et remédiation en LBO







## Annexe B Formulaire de notification de PCN/PDN

<b>1. DESCRIPTION OF THE CHANGE :</b>																		
<b>Manuf. PCN Nb :</b> EOL-Yamaguchi_Shiga	<b>Manufacturer :</b> RENESAS	<b>CEM issue date :</b> 12-July-2018 <span style="color: blue;">28-Feb-2019</span>																
<b>Title :</b> Yamaguchi_Shiga plant closure		<b>Type of change :</b> <input type="checkbox"/> IN <input checked="" type="checkbox"/> PD <input type="checkbox"/> PCIN <input type="checkbox"/> PCN <input type="checkbox"/> Quality Warning																
<b>Description :</b> End of life without replacement part.		<b>Category of the change :</b> <input type="checkbox"/> Additional plant <input type="checkbox"/> Conversion to lead-free <input type="checkbox"/> Design change <input checked="" type="checkbox"/> End-of-Life <input type="checkbox"/> Logistic <input type="checkbox"/> Material change <input type="checkbox"/> Organisation <input type="checkbox"/> Package dimensions <input type="checkbox"/> Packing <input type="checkbox"/> Part identification <input type="checkbox"/> Process operations <input type="checkbox"/> Product line transfer <input type="checkbox"/> Performances - Specification <input type="checkbox"/> Subcontractor operations <input type="checkbox"/> Other : .....																
<b>Impacted component family :</b> N/A		<b>Logistic criticality :</b> <input type="checkbox"/> Minor (several sources) <input checked="" type="checkbox"/> Major (one source)																
<b>Traceability :</b> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: left;"><b>Yes</b></td> <td style="text-align: left;"><b>No</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Manuf. part number modified</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Component Marking modified</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Package labelling modified</td> <td>N/A</td> </tr> </table>		<b>Yes</b>	<b>No</b>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manuf. part number modified	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Component Marking modified	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Package labelling modified	N/A	<b>Component Datasheet :</b> <input type="checkbox"/> Changed            N/A <input type="checkbox"/> Unchanged        N/A
<b>Yes</b>	<b>No</b>																	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manuf. part number modified	N/A															
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Component Marking modified	N/A															
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Package labelling modified	N/A															
<b>Remarks :</b> <span style="color: red;"><del>LAST BUY DATE</del> : 2018. Dec 28<sup>th</sup></span> <span style="color: blue;">LAST BUY DATE</span> : 1-June-2019		<b>Implementation date</b> (estimated by the supplier) : N/A																



## 2. PARTS IMPACTED BY THE CHANGE :

Valeo ref.	CEM ref.	Component description	Ordering number	Qual/2ndS/Qual
B000028457	VZB000028457	T MOS-N 16MR 100V D2PAK	NP70N10KUF-E1-AY	Y/Y/Y
B000031152	VZB000031152	MASK UPD1615 4.05 QFP80	UPD1615AGC(A)-023-GAD-AX	N/N
B000033480	VZB000033480	MASK 780103 RX340X VX.XX SSOP30	UPD780103MC(A)-A30-CAB-E2-AX	Y/N
B000034592	VZB000034592	MICRO UPD789104AMC(A)-5A4 - 677454	UPD789104AMC(A)-F10-CAB-E1-AX	Y/N
B000044726	VZB000044726	MASK 780103 RX312X V1.24 SSOP30 L/F-ROHS	UPD780103MCA-P02-CAB-E2-QS-AX	Y/N
B000051045	VZB000051045	T MOS-N 59MR 100V 28A DPAK ROHS	2SK3483-Z-E1-AZ	Y/N
B000051045	VZB000051045	T MOS-N 59MR 100V 28A DPAK ROHS	2SK3483(0)-Z-E1-AY	Y/N
B000051045	VZB000051045-1	T MOS-N 59MR 100V DPAK ROHS	2SK3483(0)-Z-E1-AY	Y/Y/Y
B000052753	VZB000052753	MOS-N 16MR 100V D2PAK ROHS	NP82N10PUF-E1-AY	Y/Y/Y
B000061367	VZB000061367	T MOS-P 300MR 60V SC84 ROHS	2SJ358C(0)-T1-AY	Y/N
B000028457	VZE250014025-1	T MOS-N 16MR 100V D2PAK	NP70N10KUF-E1-AY	Y/N
B000023585	VZ75078024		UPD78F9116AMC-CAB-AX	Y/N

## 3. AFFECTED PRODUCTS :

Component Reference	Product Reference	Product Description	Coeff	division	Branches clients : Sites
VZB000031152	VZ69219020	<i>description confidentielle</i>	1	CIC	NOGENT
VZB000033480	VZS000002052		1	CIE	CRETEIL_NEVERS
VZB000033480	VZS000003790		1	CIE	CRETEIL_NEVERS
VZB000044726	VZS000005405		1	CIE	CRETEIL_NEVERS
VZB000044726	VZS000005350		1	CIE	CRETEIL_NEVERS
VZB000044726	VZS000003662		1	CIE	CRETEIL_NEVERS
VZB000051045	VZL90049021		1	VLS	ANGERS
VZB000051045	VZL90080914		1	VLS	ANGERS
VZB000051045-1	VZL90089469		1	VLS	ANGERS
VZB000051045-1	VZL90093044		1	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90049021		1	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90053120		2	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90059440		2	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90059442		2	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90089671		2	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90089673		2	VLS	ANGERS
VZB000061367	VZL90108729		2	VLS	ANGERS
VZB000051045	VZ89393773		1	VLS	MARTOS
VZB000051045	VZ89393773-RO		1	VLS	MARTOS
VZB000051045	VZL90046994		1	VLS	MARTOS
VZB000051045	VZL90095988		1	VLS	PIANEZZA
VZB000051045	VZL90108087		1	VLS	PIANEZZA
VZB000051045	VZL90127307		2	VLS	PIANEZZA
VZB000051045	VZL90149202		2	VLS	PIANEZZA



VZB000051045	VZL90152245		2	VLS	PIANEZZA
VZB000051045	VZL90185404		2	VLS	PIANEZZA
VZB000051045	VZL90052818		2	VLS	SYLVANIA
VZB000051045	VZL90052820		2	VLS	SYLVANIA
VZB000034592	VZ586918		1	CIC	WEMDING
VZB000034592	VZ586919		1	CIC	WEMDING
VZB000034592	VZ586920		1	CIC	WEMDING
VZB000034592	VZ586921		1	CIC	WEMDING
VZB000028457	VZ73937716		1	VLS	ANGERS
VZB000028457	VZ73937726		1	VLS	ANGERS
VZB000028457	VZ73937736		1	VLS	ANGERS
VZB000028457	VZ73937746		1	VLS	ANGERS
VZB000028457	VZ73937756		1	VLS	ANGERS
VZB000028457	VZ73937766		1	VLS	ANGERS
VZB000052753	VZ73937616		1	VLS	ANGERS_BOBIGNY_MARTOS
VZB000052753	VZ73937626		1	VLS	ANGERS_BOBIGNY_MARTOS
VZB000052753	VZ73937636		1	VLS	ANGERS_BOBIGNY_MARTOS
VZB000052753	VZ90035944		1	VLS	ANGERS_BOBIGNY_MARTOS
VZB000052753	VZ90035944-EXP		1	VLS	ANGERS_BOBIGNY_MARTOS
VZB000051045	VZL90028073		2	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000051045	VZL90028083		1	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000051045	VZL90028084		1	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000051045	VZL90028085		1	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000051045	VZL90035854		1	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000061367	VZL90020948		2	VLS	BOBIGNY_PIANEZZA_Valeo Hubei Autolighting_ANGERS_BLOIS_MARTOS_SYLVANIA
VZB000052753	VZ73937656		1	VLS	ICHIKOH
VZB000061367	VZL90087685		3	VLS	QUERETARO
VZB000051045-1	VZL90154007		1	VLS	SEYMOUR
VZB000051045	VZL90116817		1	VLS	WUHAM
VZB000051045-1	VZL90103509		1	VLS	WUHAN
VZE250014025-1	VZ73933826		1	VLS	BLOIS



VZE250014025-1	VZ73933915		1	VLS	BLOIS_PIANEZZA_ANGERS
VZE250014025-1	VZ73933925		1	VLS	PIANEZZA
VZE250014025-1	VZ73934026		1	VLS	MARTOS_BLOIS
VZE250014025-1	VZ73934535		1	VLS	SYLVANIA
VZE250014025-1	VZ73934726		1	VLS	MARTOS
VZE250014025-1	VZ73934736		1	VLS	SYLVANIA
VZE250014025-1	VZ73934816		1	VLS	MARTOS
VZE250014025-1	VZ73934925		1	VLS	BLOIS_LE HAINAULT
VZE250014025-1	VZ73935716		1	VLS	BLOIS_ANGERS_MARTOS
VZE250014025-1	VZ73935726		1	VLS	BLOIS_LE HAINAULT_MARTOS_PIANEZZA
VZE250014025-1	VZ73935736		1	VLS	SYLVANIA
VZE250014025-1	VZ73936425		1	VLS	PIANEZZA
VZ75078024	VZE1088664		1	CIE	CRETEIL_RENAULT RECHANGE



**Remark:** According to the nature of the change, fill in the relevant following section:

section 4A : Check-list for PCIN only (pre-announcement).

section 4B : Check-list for any kind of change except “Pb-free conversion”.

section 4C : Check-list dedicated for the “Pb-free conversion”.

<b>4A. CONFORMANCE OF THE QUALIFICATION PLAN</b>		
<b>Qualification Plan</b>	<b>N°:</b>	<b>Date :</b>
<b>Level of completion :</b>		<b>Yes No</b>
➤ Is the 3-months period before implementation respected ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Is the qualification plan available ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Is the qualification plan conformed to AEC-Q Std (information given for the MSLc Component)?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Conclusions</b>		<b>Yes No</b>
➤ PCIN acceptable (information given for the MSLc Component)?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Comments :</b>		
<b>Reviewer :</b>		<b>Date :</b>

<b>4B. COMPLETION OF THE QUALIFICATION REPORT</b>		
<b>Qualification Report</b>	<b>N°:</b>	<b>Date :</b>
<b>Level of completion :</b>		<b>Yes No</b>
➤ Is the 3-months period before implementation respected ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Are samples available ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> When :
➤ Is the change fully qualified by the manufacturer ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Is the qualification report (or PPAP) available ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Is the qualification report conformed to AEC-Q Std (information given for the MSLc Component or when the MSLc process is impacted for the Customer Control Component)?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Conclusions (information given for the MSLc Component):</b>		<b>Yes No</b>
➤ Is the qualification report acceptable ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
➤ Is the PCN acceptable ?		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Comments :</b>		
<b>Reviewer :</b>		<b>Date :</b>



## 4C. COMPLETION OF THE LEAD-FREE QUALIFICATION REPORT

Qualification Report		Report Nb. : Date :
<b>Level of completion :</b> ➤ Is the 3-months period before implementation respected ? ➤ Is the change fully qualified by the manufacturer ? ➤ Is the qualification report available ? ➤ Are the proposed surfaces finishes conformed to the "Valeo Recommendations on Terminal Finishes" CEE-751030-0140-0003 ?	Yes No <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Finish surface : Under-layer : Post-bake :
➤ Is there any change in Material : lead-frame, bonding, mold-compound, etc... ?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
➤ Are solderability tests available and conformed to the AEC Q Std ?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
➤ Is the component conformed to the JSTD-020D ? in respect of : Sn-Pb Eutectic Assembly Pb-Free Assembly	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Tmax = MSL level :
➤ Are the whiskers tests available and conformed to JESD201 ?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>Conclusions</b> ➤ Is the PCN acceptable ?	Yes No <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>Comments :</b>		
<b>Reviewer :</b>		<b>Date :</b>

## 5. RISK ASSESSMENT

Would the change have significant impact on the product's:	Yes	No
➤ appearance	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
➤ function	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
➤ performance	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
➤ durability	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Would the change have a significant impact on the assembly process ?</b> ⚡ If "Yes", fill in the §7.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Would the change affect the logistics ?</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Name : I.MINETTE</b>	<b>Date : 12-July-2018</b>	



<b>6. PROPOSED QUALIFICATION PLAN</b>	
N/A	
<b>Recommendations for Design Validation :</b> N/A	
<b>Name :</b>	<b>Date :</b>

<b>7. INDUSTRIAL QUALIFICATION</b>	
<b>Industrial Qualification Plan</b> N/A	
<b>Industrial Qualification Report</b> N/A	
<b>Name :</b>	<b>Date :</b>



## 8A. CHANGE APPROVAL FORM

⇒ to be completed in by each Valeo project team,

⇒ no feedback within 10 weeks will be considered as an acceptance.

Process risk :

Historic of CEM Acceptation :

Reception date :

Planned validation Date :

Component risk :

Qualification needed :

Results :

Name :

Date :

Signature :

Product risk :

Validation needed :

Check changes of component specification data :

Result :

Name :

Date :

Signature :

Customer risk :

Validation needed :

Result :

Name :

Date :

Signature

PCN Team approval :

VALEO DIVISION.....:

NAME.....:

FUNCTION.....:

DATE.....:

SIGNATURE.....:

CHANGE UNDER EVALUATION

CHANGE ACCEPTED

CHANGE DENIED





# Annexe C Matrice du changement 4M Valeo

## Matrice VALEO pour le management des modifications 4M V3.2

**Note 1:** Si les critères validés avec le client (communication de la modification, validation etc.) sont plus sévères que cette Matrice 4M, alors ces critères validés avec le client doivent être respectés et non pas cette Matrice 4M  
**Note 2:** Pour les pièces OES en dehors de la production OEM originale ou des développements OES spécifiques, la procédure client OES doit être appliquée (Ex: les règles de la Matrice 4M pour OEM 4M doivent être respectées si la modification dans l'aftermarket doit être managée comme de l'OEM). Si pas de procédure/règles du client, les règles IAM de la Matrice 4M doivent être appliquées.

Niveau de communication				Documentation de validation					Niveau de validation
				Plan de validation	Audit Process	Données Capabilités	EI Internes	EI Externes	
Notification au Client non requise				Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3			
La modification doit être notifiée au client au plus tard 4-6 semaines avant la modification									
La modification doit être validée par le client									
Management des modifications 4M en production série				A	B	C			
Critères spécifiques pour l'Aftermarket									
Modification 4M chez VALEO (Fournisseur Rang 1)				OEM OES (même production que OEM)	IAM		* Processus spécial de notification : Notification 6 semaines avant l'introduction. Au moins, 4 semaines avant l'introduction, le Client peut demander si nécessaire des validations supplémentaires. Ce type de modification (avec ou sans validation supplémentaire) doit être confirmé en réunion client ou en confcall et mail de confirmation du client 4 semaines avant l'introduction.		
1.			<b>MACHINE</b>						
1.1			Déplacement d'une machine / d'un équipement						
1.1.1			Dans la même usine						
1.1.1.1			Pas de modification du flux de fabrication	B	2	C	2		
1.1.1.2			Modification du flux de fabrication (ex: modification dans le process sans modification pour les équipements)	B	2	C	2		
1.1.2			Dans une autre usine au sein du Groupe Valeo	A			1		
1.1.2.1			Modification du lieu de production au sein du Groupe Valeo AVEC modification du "Made In" pour les produits finis				A	1	
1.1.2.2			Modification du lieu de production au sein du Groupe Valeo SANS modification du "Made In" pour les produits finis				B	2	
1.1.3			Externalisation du process	A			1		
1.1.3.1			AVEC impact sur le "Made In" sur les produits finis				A	1	
1.1.3.2			SANS impact sur le "Made In" sur les produits finis				C	2	
1.2			Accroissement de la capacité						
1.2.1			Duplication d'une machine / d'un équipement	B	2	C	2		
1.2.2			Nouvelle machine / équipement = Influence sur le facteur d'occurrence						
1.2.2.1			Nouvelle machine / moule avec des modifications sur le design (ex: modification des points d'injection)	A			1		
1.2.2.1a			Modification du Design visible / perceptible par le client final ou modification de la fonctionnalité				A	1	
1.2.2.1b			Modification du Design NON visible / perceptible par le client final ou PAS de modification de la fonctionnalité				C	2	
1.2.2.2			Nouvelle machine / moule, modification d'une ancienne machine / moule	B	2	C	2		
1.2.3			Nouveaux contrôles / tests de la machine / équipement = influence sur le facteur de non-détection						
1.2.3.1			Apporter un contrôle / test plus précis	B	3	C	3		
1.2.3.2			Apporter un contrôle / test moins précis	B	2	B	2		
1.3			Non utilisation d'un équipement de production (équipement de production inactif) > 6 mois	C	3	C	3		
1.4			Modification d'un moyen / machine de production						
1.4.1			SANS impact sur le capacitaire, le leadtime ou les spécifications du produit fini				C	3	
1.4.2			AVEC impact sur le capacitaire, le leadtime ou les spécifications du produit fini				B	3	
2.			<b>METHODE</b>						
2.1			Modification du flux de fabrication comparé à la première soumission au client.	B	2	C	3		
2.2			Modification sur la Technique						
2.2.1			Modification de la technique sans impact sur le produit (ex: Modification sur la technique d'usage)	C	2	C	2		
2.2.2			Modification de la technique avec impact sur le produit et la fonction	B	2	B	2		
2.3			Modification d'un paramètre process						
2.3.1			Modification d'un paramètre process sur les moyens de production = Influence sur le facteur d'occurrence						
2.3.1.1			Modification d'un paramètre process sur les moyens de production = Influence sur le facteur d'occurrence sans impact sur la forme & la fonction	C	3	C	3		
2.3.1.2			Modification d'un paramètre process sur les moyens de production = Influence sur le facteur d'occurrence avec impact sur la forme & la fonction	B	2	B	2		
2.3.2			Modification d'un paramètre process pour le contrôle / test = influence sur le facteur de non-détection						
2.3.2.1			Apportant un contrôle / test plus précis	C	3	C	3		
2.3.2.2			Apportant un contrôle / test moins précis	B	2	B	2		
2.4			Modification ergonomique du poste de travail						
2.4.1			Pas de modification du flux de fabrication	C	3	C	3		
2.4.2			Modification du flux de fabrication	B	2	C	2		
2.5			Transport (moyen de transport, société, ...)	B	3	C	3		
2.6			Modification des conditions de stockage sur plate-forme (si sous responsabilité VALEO)	A	3	C	3		
3.			<b>MATERIAU</b>						
3.1			Modification de la fonction client (et le mode de fonction)	A	1	A	1		
3.2			Modification de la conception (design)						
3.2.0			Modification de conception visible / sensible pour l'utilisateur final				B	2	
3.2.1			AVEC influence sur le plan client (Bill Of Material ou fiches techniques) si elle existe	A	1	B	2		
3.2.2			SANS influence sur le plan client (Bill Of Material ou fiches techniques) ou PAS de plan client (ou Bill Of Material ou fiches techniques)	C	2				

Plan de validation	Audit Process	Données Capabilités	EI Internes	EI Externes
OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Selon décision Qualité	Selon décision Qualité	Selon décision Qualité	Selon décision Qualité	Selon demande client

\* Processus spécial de notification : Notification 6 semaines avant l'introduction. Au moins, 4 semaines avant l'introduction, le Client peut demander si nécessaire des validations supplémentaires. Ce type de modification (avec ou sans validation supplémentaire) doit être confirmé en réunion client ou en confcall et mail de confirmation du client 4 semaines avant l'introduction.

Extrait de la CIP pour sélectionner le processus de développement et la gouvernance

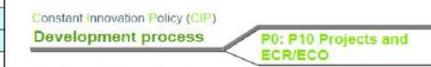


**Context:**  
 All along serial product lifetime, projects must be conducted to improve cost and quality, and to implement Customer Change Requests.  
 Such modifications include technical productivity, industrial transfer, customer modifications, reliability improvements, legal requirements, capacity increases and process modifications (Value or not), supplier changes.  
 The 4M plan, Material Steering Committee are important sources of modification requests.  
 These modification requests are by definition P0s.

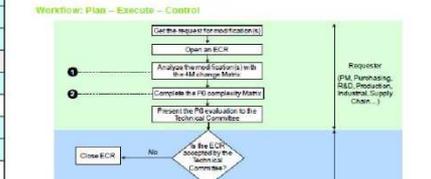
**Opening:**  
 Decision to qualify P0s as a P10 project or as an ECR/ECO is made by the Technical Committee at development center level, through the following process:

- Understand / analyze the P0 with the 4M change Matrix.  
 The 4M Change Matrix include a "Project Management" risk evaluation which is also a complexity factor (Multi-Sites, Critical Timing, Customer SOP synchronization, ...)  
 Compute the P0 complexity matrix (defined below)
- |      | Machine | Method | Material | Man | Project management | Number of changes by level | Complexity Levels |
|------|---------|--------|----------|-----|--------------------|----------------------------|-------------------|
| High | 2       | 3      | 2        | 2   | 4                  | 11                         | High              |
| High | 2       | 3      | 1        | 1   | 1                  | 7                          | High              |
| High | 2       | 3      | 1        | 1   | 1                  | 7                          | High              |
| Low  | 2       | 1      | 1        | 1   | 1                  | 6                          | Low               |

  - If the changes for a 'M' category have at least 1 red item, then complexity is 'High'.
  - If the changes for all 'M' categories have 2 yellow items or more, then complexity is 'High'.
  - If the changes for all 'M' categories have only green item or no more than 1 yellow item, then complexity is 'Low'.
- Make the P0 complexity evaluation validated by the Technical Committee (chaired by R&D).
- If the Technical Committee validates that P0 complexity is High, it must nevertheless confirm if the P0 must be run as a P10 project. It is its responsibility to decide and explain the development process to be used, according to the flowchart in the following page. If P0 complexity is low, the P0 is managed through the ECR/ECO process.
- If the request needs to be treated as a P10 project, it is R&D manager responsibility to present the new P10 project to the relevant PMIC for opening the project.



Reminder: P10 "Project Plan" must be elaborated by the project team and validated by the PVC in phase 0. It must take into account the P1 validation history to avoid unnecessary activities.



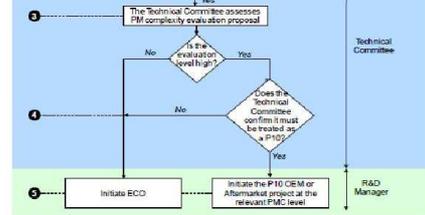
# Matrice VALEO pour le management des modifications 4M V3.2

**Note 1:** Si les critères validés avec le client (communication de la modification, validation etc.) sont plus sévères que cette Matrice 4M, alors ces critères validés avec le client doivent être respectés et non pas cette Matrice 4M

**Note 2:** Pour les pièces OES en dehors de la production OEM originale ou des développements OES spécifiques, la procédure client OES doit être appliquée (Ex: les règles de la Matrice 4M pour OEM 4M doivent être respectées si la modification dans l'aftermarket doit être managée comme de l'OEM). Si pas de procédure/règles du client, les règles IAM de la Matrice 4M doivent être appliquées.

Niveau de communication				Documentation de validation					Niveau de validation	
				Plan de validation	Audit Process	Données Capabilités	EI Internes	EI Externes		La décision du processus de développement et de gouvernance est faite par le Technical Committee selon la CIP V2.0 (Extrait ci-dessous)
Notification au Client non requise				Niveau 1	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	La décision du processus de développement et de gouvernance est faite par le Technical Committee selon la CIP V2.0 (Extrait ci-dessous)
La modification doit être notifiée au client au plus tard 4-6 semaines avant la modification				Niveau 2	OUI	OUI	OUI	OUI	Seton demande client	
La modification doit être validée par le client				Niveau 3	Seton décision Qualité	Seton décision Qualité	Seton décision Qualité	Seton décision Qualité	Seton demande client	
Management des modifications 4M en production série				A	B	C				
3.2.1.1	Modification de conception <b>visible / sensible</b> pour l'utilisateur final				B	2				
3.2.1.2	Modification de conception <b>NON visible / sensible</b> pour l'utilisateur final				C	2				
3.3	Modification dans les spécifications (document)									
3.3.1	Modification de la fonction	A			1	B	2			
3.3.2	Pas de modification de la fonction (Modification éditoriale uniquement)		B		2	C	2			
3.4	Nouvelle matière	A			1	B	2			
3.5	Modification de la composition du matériau									
3.5.1	Effet sur le client, défini dans le plan / spécifications client	A			1	B	2			
3.5.2	Pas d'effet sur le client, seulement dans le plan / spécifications interne		B		2	C	2			
3.6	Nouveau fournisseur de matière (rang 4/5)			C	3	C	3			
3.7	Ajout d'une seconde source de matière (rang 4/5)			C	3	C	3			
3.8	Emballage (si sous responsabilité VALEO)									
3.8.1	Modification de la matière de l'emballage	A			2					
3.8.1.1	Modification de la matière utilisée dans l'emballage individuel <b>visible / sensible</b> par l'utilisateur final (couleur, brillance, ...)				A	2				
3.8.1.2	Modification de la matière utilisée dans l'emballage individuel <b>NON visible / sensible</b> par l'utilisateur final (couleur, brillance, ...)				C	2				
3.8.1.3	Modification de la matière (individuelle ou suremballage) <b>AVEC un impact</b> sur la feuille de données d'emballage du client ou modification fonctionnelle - Vérifier le Delivery Book VS 2012 et les spécifications Crash Tests				A	2				
3.8.1.4	Modification de la matière (individuelle ou suremballage) <b>SANS un impact</b> sur la feuille de données d'emballage du client ou modification fonctionnelle - Vérifier le Delivery Book VS 2012 et les spécifications Crash Tests				C	2				
3.8.2	Modification de la forme de l'emballage	A			1	A	1			
3.8.3	Modification du procédé de fabrication de l'emballage sur des lignes d'emballage similaires ayant l'aspect extérieur identique			C	3					
3.8.3.1	SANS impact sur le capacitaire ou le temps de fabrication				C	3				
3.8.3.2	AVEC impact sur le capacitaire ou le temps de fabrication				B	3				
3.9	Modification du marquage du produit client (sur le produit) = Modification de conception (design)	A			1	B	2			
3.9.1	Modification du marquage des produits client (sur l'emballage = étiquettes) = Modification de conception (design)				A	2				
3.10	Fournisseur									
3.10.1	Modification du fournisseur de rang 2	A			1	B	2			
3.10.2	Ajout d'une seconde source	A			1	B	2			
4.	HOMME									
4.1	Ajout d'une nouvelle équipe		B		2	C	2			

\* Processus spécial de notification : Notification 6 semaines avant l'introduction. Au moins, 4 semaines avant l'introduction. Le Client eût



### Closure

Closure of a P10 is decided by the PMC1. The standard timing is 6 months after SOP. In case of customer issues or in case of QCD objectives not reached, PMC can decide to postpone closure.

Constant Innovation Policy  
Part 1 Release 2.0 - March 2012  
Valeo restricted. © Copyright 2009-2012

When Printed: Uncontrolled Copy  
Page 48 of 80







Project Management

Task Description	Man-Hours	Rate/ Hour	Cost
Gestion du projet industriel	0	100,00 €	0,00 €
Définition et mise en place du process industriel	0	100,00 €	0,00 €
Participation aux réunions du groupe projet client	0	100,00 €	0,00 €
Gestion des commandes liées à l'ECR	0	100,00 €	0,00 €
Coordination de la PRS	0	100,00 €	0,00 €
Coordination de la qualification des modifications process	0	100,00 €	0,00 €
Planification des tâches	0	100,00 €	0,00 €
Gestion des coûts et investissements	0	100,00 €	0,00 €
Préparation audits et visites client	0	100,00 €	0,00 €
Bilan, coûts, dépenses de l'ECR et reporting	0	100,00 €	0,00 €
Coordination des ressources projet	0	100,00 €	0,00 €
Coordination de la journée pleine cadence	0	100,00 €	0,00 €
Gestion du DMS	0	100,00 €	0,00 €
Gestion des obsolescences composants	0	100,00 €	0,00 €
	0		0 €

Process Final Assembly (FA)

Description	Man-Hours	Rate/ Hour	Cost
AMDEC machine	0	75,00 €	0,00 €
Cahier des charges et dossiers maintenance pour les équipements lourds	0	75,00 €	0,00 €
Consultations fournisseurs et analyse des devis	0	75,00 €	0,00 €
Acceptation des plans études de la machine. Suivi de la réalisation de la machine. Pré-reception che:	0	75,00 €	0,00 €
Validation et réception définitive de la machine	0	75,00 €	0,00 €
Modification d'équipement et mise au point	0	75,00 €	0,00 €
Calcul des capacités et analyse R & R. Ecriture du rapport	0	75,00 €	0,00 €
Dernières mises au point	0	75,00 €	0,00 €
Rédaction ou mise à jour de la documentation de la machine	0	75,00 €	0,00 €
Qualification de la modif	0	75,00 €	0,00 €
<b>Partie Méthodes Fabrication</b>			
Préparation des composants pour la PRS	0	70,00 €	0,00 €
Préparation du dossier composants	0	70,00 €	0,00 €
Création des programmes machines pour la PRS	0	70,00 €	0,00 €
Immobilisation de la ligne	0	600,00 €	0,00 €
	0		0 €





Achat -SQA

Description	Man-Hours	Rate/ Hour	Cost
Analyse des nouveaux composants.	0	90,00 €	0,00 €
Analyse de la nomenclature et des fournisseurs associés	0	90,00 €	0,00 €
Recherche d'autres sources.	0	90,00 €	0,00 €
Qualification fournisseur (mise à jour SAP, finance ...).	0	90,00 €	0,00 €
Gestion du resourcing.	0	90,00 €	0,00 €
Négociation prix et conditions d'achat.	0	90,00 €	0,00 €
SQA (Voir fichier dans tools)	0	90,00 €	0,00 €
Spécifications (étape 2).	0	90,00 €	0,00 €
DAQ / PPAP / GMP (étape 3).	0	90,00 €	0,00 €
Analyse de construction (étape 3).	0	90,00 €	0,00 €
Audit process (étape 4).	0	90,00 €	0,00 €
Echantillon initiaux (étape 5).	0	90,00 €	0,00 €
Qualification de nouveaux fournisseurs (étape 1).	0	90,00 €	0,00 €
Qualification industrielle (Voir fichier dans tools)	0	90,00 €	0,00 €
Maintenance SAP.	0	90,00 €	0,00 €
	0	0,00 €	0,00 €
	0	0,00 €	0,00 €
	0	0	0,00 €

Documentation (DOC)

Description	Man-Hours	Rate/ Hour	Cost
Création des nouvelles références en fonction de la modification	0	60,00 €	0,00 €
Mise à jour de la nomenclature	0	60,00 €	0,00 €
Mise à jour du dossier plan produit dans la GED	0	60,00 €	0,00 €
Création ou modification du dossier de fabrication dans la GED	0	60,00 €	0,00 €
Création ou mise à jour du dossier qualité dans la GED	0	60,00 €	0,00 €
	0	0,00 €	0,00 €
	0	0,00 €	0,00 €
	0	0,00 €	0,00 €
	0	0	0,00 €

## Annexe E Synthèse des caractéristiques climatiques par catégorie

D'après Hufty A., 2001

Af : Climat équatorial	Am : Climat tropical à moussons.	As : Climat de savane à été sec.	Aw : Climat de savane à hiver sec.
<p>La température moyenne de chaque mois de l'année est supérieure à 18 °C.</p> <p>Il n'y a pas de « saison hivernale ».</p> <p>Le climat est humide et présente de fortes précipitations annuelles.</p> <p>Les précipitations annuelles sont supérieures à l'évaporation annuelle.</p> <p>Les précipitations sont régulières tous les mois de l'année.</p> <p>Les précipitations du mois le plus sec sont supérieures à 60 mm.</p>	<p>La température moyenne de chaque mois de l'année est supérieure à 18 °C.</p> <p>Il n'y a pas de « saison hivernale ».</p> <p>Le climat est humide et présente de fortes précipitations annuelles.</p> <p>Les précipitations annuelles sont supérieures à l'évaporation annuelle.</p> <p>Les précipitations du mois le plus sec sont inférieures à 60 mm et supérieures à <math>[100 - (\text{précipitations annuelles moyennes})/25]</math>.</p>	<p>La température moyenne de chaque mois de l'année est supérieur à 18 °C.</p> <p>Il n'y a pas de « saison hivernale ».</p> <p>Les précipitations annuelles sont fortes.</p> <p>Les précipitations annuelles sont supérieures à l'évaporation annuelle.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec inférieur 40 mm et inférieur 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p>	<p>La température moyenne de chaque mois de l'année est supérieure 18 °C.</p> <p>Il n'y a pas de « saison hivernale » et l'hiver correspond à la saison sèche</p> <p>Les précipitations annuelles sont fortes</p> <p>Les précipitations annuelles sont supérieures à l'évaporation annuelle.</p> <p>Les précipitations du mois le plus sec sont inférieures à 60 mm et inférieures à <math>[100 - (\text{précipitations annuelles moyennes})/25]</math></p>



*(catégorie parfois utilisée en analogie avec Aw dans les rares cas où la saison sèche se produit dans les mois où le soleil est au plus haut).*

<b>BWk : Climat désertique froid et sec</b>	<b>BWh : Climat désertique chaud et sec.</b>	<b>BSk : Climat de steppe (climat semi-aride) sec et froid.</b>	<b>BSh : Climat de steppe (climat semi-aride) sec et chaud.</b>
<p>La température moyenne de chaque mois de l'année est supérieure à 18 °C.</p> <p>Il n'y a pas de « saison hivernale ».</p> <p>Le climat est humide et présente de fortes précipitations annuelles.</p> <p>Les précipitations annuelles sont supérieures à l'évaporation annuelle.</p> <p>Les précipitations sont régulières tous les mois de l'année.</p> <p>Les précipitations du mois le plus sec sont supérieures à 60 mm.</p>	<p>La température moyenne annuelle est supérieure à 18 °C</p> <p>L'évaporation annuelle est supérieure aux précipitations annuelles.</p> <p>Les précipitations annuelles inférieures à 50 % du seuil</p>	<p>La température moyenne annuelle est inférieure à 18 °C.</p> <p>L'évaporation annuelle est supérieure aux précipitations annuelles.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p>	<p>La température moyenne annuelle est supérieure à 18 °C.</p> <p>L'évaporation annuelle est supérieure aux précipitations annuelles.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p>



<b>Cfa: Climat tempéré chaud sans saison sèche et à été chaud.</b>	<b>Cfb : Climat tempéré chaud, sans saison sèche et à été tempéré.</b>	<b>Cfc : Climat tempéré chaud, sans saison sèche et à été court et frais</b>
<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>Les températures moyennes du mois le plus chaud sont supérieures à 10 °C</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>C'est un climat humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C.</p>	<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>Les températures moyennes du mois le plus froid sont supérieures à -38 °C.</p>



<b>Csa : Climat tempéré chaud à été chaud et sec</b>	<b>Csb : Climat tempéré chaud avec été sec.</b>	<b>Csc : Climat tempéré chaud avec été sec court et frais.</b>
<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieures à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C</p>	<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieures à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieures à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieur 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est supérieure à -38 °C.</p>



<b>Cwa : Climat tempéré chaud à hiver sec et été chaud</b>	<b>Cwb : Climat tempéré chaud à hiver sec et été tempéré.</b>	<b>Cwc : Climat tempéré chaud à hiver sec et été court et frais.</b>
<p>La saison sèche est en hiver. Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C.</p>	<p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>Les températures moyennes des 3 mois les plus froids sont comprises entre 0 °C et 18 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est supérieure à -38 °C.</p>



<b>Dfa : Climat continental froid, sans saison sèche et à été chaud.</b>	<b>Dfb : Climat continental froid, sans saison sèche et à été tempéré.</b>	<b>Dfc : Climat continental froid, sans saison sèche à été court et frais.</b>	<b>Dfd : Climat continental froid, sans saison sèche et à hiver très froid.</b>
<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est supérieure à -38 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>Le climat est humide.</p> <p>Les précipitations sont régulières, tous les mois de l'année.</p> <p>Il n'y a pas de saison sèche.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à -38 °C.</p>



<b>Dsa : Climat continental froid à été sec et chaud.</b>	<b>Dsb : Climat continental froid à été sec et tempéré.</b>	<b>Dsc : Climat continental froid à été sec, court et frais</b>	<b>Dsd : Climat continental froid à été sec et hiver très froid.</b>
<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieur à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>Température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieur à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>Température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieures à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est supérieure à -38 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en été.</p> <p>Les précipitations du mois estival le plus sec sont inférieures à 40 mm et inférieur à 1/3 du mois hivernal le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à -38 °C.</p>



<b>Dwa : Climat continental froid à hiver sec.</b>	<b>Dwb : Climat continental froid à hiver sec et été chaud.</b>	<b>Dwc : Climat continental froid à hiver sec et été tempéré</b>	<b>Dwd : Climat continental froid à hiver sec et très froid.</b>
<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 22 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure ou égale à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes des 4 mois les plus chauds sont supérieures à 10 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C.</p> <p>Les températures moyennes mensuelles sont supérieures à 10 °C pour moins de 4 mois.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est supérieur à -38 °C.</p>	<p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 0 °C.</p> <p>La température moyenne du mois le plus chaud est supérieure à 10 °C.</p> <p>Les saisons été et hiver sont bien définies.</p> <p>La saison sèche est en hiver.</p> <p>Les précipitations du mois hivernal le plus sec sont inférieures à 1/10 du mois le plus humide.</p> <p>La température moyenne du mois le plus froid est inférieure à -38 °C.</p>



<b>EF : Climat polaire d'inlandsis.</b>	<b>ET : Climat polaire de toundra</b>
La saison d'été est très peu marquée. La température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 0 °C.	La saison d'été est très peu marquée. La température moyenne du mois le plus chaud est comprise entre 0 °C et 10 °C.



## Annexe F Classification Valeo des matières

Com. Code	Commodity Description	Seg. Code	Segment Description	Cat. Code	Category Description	Tech. Code	Technology Description
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA1	HOT ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA11	GENERIC HOT ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA1	HOT ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA12	SPECIFIC HOT ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA2	COLD ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA21	GENERIC NON-COATED COLD ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA2	COLD ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA22	SPECIFIC NON-COATED COLD ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA2	COLD ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA23	ELECTRICAL STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA2	COLD ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA24	GENERIC COATED COLD ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA2	COLD ROLLED FLAT STEEL PRODUCT	AA25	SPECIFIC COATED COLD ROLLED STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA3	LONG PRODUCT	AA31	ROUND BAR STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA3	LONG PRODUCT	AA32	WIRE RODS & WIRE PRODUCT
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA3	LONG PRODUCT	AA33	STRUCTURAL SECTION STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA4	TUBES	AA40	STEEL TUBES
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA5	STAINLESS STEEL	AA50	STAINLESS STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AA	STEEL	AA6	STEEL PROCESS	AA60	STEEL PROCESS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AC	CAST IRON	AC1	GREEN SAND MOLDING	AC10	GREEN SAND MOLDING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AC	CAST IRON	AC2	H PROCESS MOLDING	AC20	H PROCESS MOLDING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AC	CAST IRON	AC3	STEEL CASTING	AC30	STEEL CASTING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD10	DIAPHRAGM / PRESSURE RING / COVER / FLYWHEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD11	DISC CARRIER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD12	STANDARD RETAINER



A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD13	STYLIZED RETAINER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD14	ARM HEAD / LEVER SCREW
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD15	CRANK-LEVER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD16	ARM ROD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD17	BRACKET
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD18	BOWS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD1	TRADITIONAL CUTTING & STAMPING	AD19	LINK ROD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD2	FINE CUTTING	AD20	GEAR SEGMENT
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD2	FINE CUTTING	AD21	LINK
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD2	FINE CUTTING	AD22	THRUST RACE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD2	FINE CUTTING	AD23	VALVE PLATE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD2	FINE CUTTING	AD24	MISCELLANOUS FINE CUTTING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD3	DEEP CUTTING & STAMPING	AD30	MOTOR HOUSING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD3	DEEP CUTTING & STAMPING	AD31	SPACER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD3	DEEP CUTTING & STAMPING	AD32	LIGHTING REFLECTORS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD3	DEEP CUTTING & STAMPING	AD33	MISCELLANOUS DEEP CUTTING & STAMPING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD40	PRESS FIT PINS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD41	CDA HOUSING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD42	NOTCHING RING / ELASTIC WASHER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD43	SPLINES / FLAT BLADE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD44	SUCTION & DISCHARGE VALVE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD45	ROLLED HOUSING / YOKE



A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD46	GASKET
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD47	SLINKY / LAMINA
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD4	FAST CUTTING	AD48	LEAD-FRAMES
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD50	OTHER COMPONENTS: MISCELLANEOUS SPECIFIC CUTTING METHODS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD51	OTHER SPECIFIC COMPONENTS: LASER CUTTING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD52	OTHER SPECIFIC COMPONENTS: PLASMA CUTTING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD53	OTHER SPECIFIC COMPONENTS: WATER CUTTING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD54	OTHER: MISCELLANEOUS CUTTING + POST-TREATMENT
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD55	OTHER SPECIFIC COMPONENTS: ROLLED FORMING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD56	OTHER COMPONENTS: MISCELLANEOUS CUTTING + ASSEMBLY
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5A	BENDED TUBE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5B	BUMPER BEAM
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5C	FRAME COMP
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5D	UPPER BEAM COMP
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5E	WINGS - LOWER BD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5F	FANS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5G	FULCRUM RING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5H	TURBULATOR
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD5	SPECIFIC CUTTING METHOD	AD5I	HOUSING LASER WELDING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD6	DEGREASED AND DEGAZED PARTS	AD61	BULBSHIELD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD6	DEGREASED AND DEGAZED PARTS	AD62	BULBHOLDER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD6	DEGREASED AND DEGAZED PARTS	AD63	RADIATOR / HEATSINK



A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD6	DEGREASED AND DEGAZED PARTS	AD64	CIRCUITS FOR RL BULBHOLDER
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD70	MISCELLANOUS SPRINGS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD71	STRAIGHT HELICOIDAL SPRINGS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD72	CURVED HELICOIDAL SPRINGS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD73	EXTENSION SPRING & C-BOWS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD74	FLAT SPRINGS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD7	SPRINGS & CLIPS	AD75	CLIPS STAINLESS STEEL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD8	WIRE & WELDING ELECTRODES	AD80	MISCELLANOUS WIRE & WELDING ELECTRODES FOR MECHANICAL ASSY (MIG)
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD8	WIRE & WELDING ELECTRODES	AD81	WIRE FORMING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AD	STEEL CUTTING / STAMPING / OTHER TREATMENT PROCESSES	AD8	WIRE & WELDING ELECTRODES	AD82	TRACK ROD AND RAIL
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE0	OTHER	AE00	OTHERS
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE1	BAR TURNING	AE11	BAR TURNING WORKPIECE L BELOW 100 MM DIAM BELOW 15MM
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE1	BAR TURNING	AE12	BAR TURNING WORKPIECE L BELOW 100 MM DIAM OVER 15MM
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE1	BAR TURNING	AE13	BAR TURNING WORKPIECE L OVER 100 MM DIAM BELOW 15MM
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE1	BAR TURNING	AE14	BAR TURNING WORKPIECE L OVER 100 MM DIAM OVER 15MM
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE1	BAR TURNING	AE15	BUSHES, SLEEVES
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE2	COLD HEAD PARTS TURNING	AE21	WORKP. L BELOW 100 MM DIAM BELOW 15MM COLD HEAD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE2	COLD HEAD PARTS TURNING	AE22	WORKP. L BELOW 100 MM DIAM OVER 15MM COLD HEAD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE2	COLD HEAD PARTS TURNING	AE23	WORKP. L OVER 100 MM DIAM BELOW 15MM COLD HEAD
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE3	FORGED PARTS TURNING	AE31	WORKP. L BELOW 100 MM DIAM BELOW 15MM FORGED
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE3	FORGED PARTS TURNING	AE32	WORKP. L BELOW 100 MM DIAM OVER 15MM FORGED
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE4	TRADITIONNAL MACHINING (MILLING / DRILLING)	AE40	TRADITIONNAL MACHINING (MILLING / DRILLING)



A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE5	DEDICATED MACHINING (CUTTING / BROCHING)	AE50	DEDICATED MACHINING (CUTTING / BROCHING)
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AE	STEEL TURNING AND MACHINING	AE6	MACHINING AND ASSEMBLY	AE60	MACHINING AND ASSEMBLY
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF0	MISCELLANEOUS FORGING	AF00	MISCELLANEOUS FORGING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF10	MISCELLANEOUS COLD FORGING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF11	SHORT PINION
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF12	LONG PINION
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF13	DRIVE HOUSING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF14	SWITCH CASE
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF1	COLD FORGING	AF15	COLD FORMING AXIS (LATCHES)
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF2	HOT FORGING	AF21	STEEL LOW CARBON FORGING
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF2	HOT FORGING	AF22	STEEL 38MNV56 AND/OR 46MNV53
A	STEEL AND TRANSFORMATION	AF	STEEL FORGING, COLD HEAD, SINTERING	AF3	FERROUS AND NON FERROUS SINTERING	AF30	FERROUS AND NON FERROUS SINTERING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA1	ALUMINIUM RAW MATERIAL	BA10	MISCELLANEOUS ALUMINIUM RAW MATERIAL
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA1	ALUMINIUM RAW MATERIAL	BA11	ALUMINIUM LINGOTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA1	ALUMINIUM RAW MATERIAL	BA12	ALUMINIUMS SLABS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA1	ALUMINIUM RAW MATERIAL	BA13	ALUMINIUM BILLETS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA1	ALUMINIUM RAW MATERIAL	BA14	ALUMINIUM SLAGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA20	MISCELLANEOUS OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA21	NICKEL
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA22	BRONZE
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA23	COPPER NICKEL ZINC ALLOY
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA24	COPPER NICKEL



B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA25	ZAMAC ZINC ALLOYS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BA	NON FERROUS RAW MATERIAL	BA2	OTHER NON FERROUS RAW MATERIAL	BA26	BRASS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB1	ROLLED - MECHANICAL FINSTOCK	BB10	ROLLED - MECHANICAL FINSTOCK
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB2	ROLLED - UNCLAD BRAZED FINSTOCK	BB20	ROLLED - UNCLAD BRAZED FINSTOCK
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB3	ROLLED PLATES TUBESTOCK CUTTING AND STAMPING	BB31	ROLLED PLATES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB3	ROLLED PLATES TUBESTOCK CUTTING AND STAMPING	BB32	TUBESTOCK
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB3	ROLLED PLATES TUBESTOCK CUTTING AND STAMPING	BB33	CUTTING AND STAMPING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BB	ROLLED ALUMINUM	BB4	ROLLED - CLAD FINSTOCK	BB40	ROLLED - CLAD FINSTOCK
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC10	AL HPDC RAW - ALT & STARTERS BRACKETS & GEARHOUSINGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC11	AL HPDC RAW - HEATSINKS & FRAMES, SUPPORTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC12	AL HPDC RAW - VALVES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC13	AL HPDC RAW - THROTTLE BODY
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC14	AL HPDC RAW - COMPRESSOR HEAD, SHELL, BLOCKS-ADC12
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC1	ALUMINUM HPDC RAW CASTING	BC15	AL HPDC RAW - COMPRESSOR CYLINDER - ADC14
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC20	AL HPDC RAW & MACH - ALT & START BRACKETS&GEARHOUSINGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC21	AL HPDC RAW & MACH - HEATSINKS & ECU
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC22	AL HPDC RAW & MACH - VALVES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC23	AL HPDC RAW & MACH - THROTTLE BODY
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC24	AL HPDC RAW & MACH - COMPRES HEAD, SHELL, BLOCKS-ADC12
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC25	AL HPDC RAW & MACH - COMPRESSOR CYLINDER-ADC14
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC26	AL HPDC RAW & MACH - PIVOTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC27	AL HPDC RAW & MACH - ARMHEADS



B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC28	AL HPDC RAW & MACH - STATORS & RETAINERS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC2	ALUMINUM HPDC RAW CASTING & MACHINING	BC29	AL HPDC RAW & MACH - WATER COOL PART .ASSY & LEAK TEST
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC3	ALUMINUM HPDC ASPECT OR SURFACE TREATMENT	BC30	AL HPDC ASPECT - CAMERA HOUSING, SMALL PARTS (SCALA)
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC3	ALUMINUM HPDC ASPECT OR SURFACE TREATMENT	BC31	AL HPDC ASPECT - REFLECTORS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC3	ALUMINUM HPDC ASPECT OR SURFACE TREATMENT	BC32	AL HPDC ASPECT - PADDLES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC3	ALUMINUM HPDC ASPECT OR SURFACE TREATMENT	BC33	AL HPDC ASPECT - ARMHEADS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC4	ALUMINUM HPDC NEW TECHNOLOGIES	BC40	AL HPDC NEW TECHNO - SALT CORE
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC4	ALUMINUM HPDC NEW TECHNOLOGIES	BC41	AL HPDC NEW TECHNO - LOST FOAM
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC4	ALUMINUM HPDC NEW TECHNOLOGIES	BC42	AL HPDC NEW TECHNO - LOST WAX
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC4	ALUMINUM HPDC NEW TECHNOLOGIES	BC43	AL HPDC NEW TECHNO - PLASTER MOLDING (COMPRES WHEEL)
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC5	ALUMINUM GRAVITY DIE CASTING	BC50	AL GRAVITY - WATER CAC TANKS, DUCTS, GASBOX
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC5	ALUMINUM GRAVITY DIE CASTING	BC51	AL GRAVITY - AIR CAC TANKS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC5	ALUMINUM GRAVITY DIE CASTING	BC52	AL GRAVITY - WATER COOLING PART & LEAK TEST
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC5	ALUMINUM GRAVITY DIE CASTING	BC53	AL GRAVITY - EGR
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC6	MAGNESIUM	BC60	MG - GEAR HOUSINGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC6	MAGNESIUM	BC61	MG - BOLSTERS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC6	MAGNESIUM	BC62	MG - THIXOMOLDING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC70	ZN - CONNECTORS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC71	ZN - GEAR HOUSINGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC72	ZN - PIVOTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC73	ZN - ARMHEADS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC74	ZN - KEY HOLDER / CLEVIS



B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC75	ZN - CAMERA HOUSINGS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC76	ZN - FRAMES, SUPPORTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC7	ZINC	BC77	ZN - OTHERS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BC	NON FERROUS CASTING	BC8	BRASS	BC80	BR - MISCELLANEOUS PARTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD1	SINGLE AND SIMPLE STAMPING	BD10	SINGLE AND SIMPLE STAMPING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD2	COMPLEX STAMPING (WITH POTENTIAL 2ND OPERATION)	BD20	COMPLEX STAMPING (WITH POTENTIAL 2ND OPERATION)
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD3	ROLL FORMING	BD30	ROLL FORMING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD4	COPPER CONTACTS & SPRINGS & SHIELDS	BD40	COPPER CONTACTS & SPRINGS & SHIELDS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD5	LEAD FRAMES	BD50	LEAD FRAMES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD6	MAGNETIC PARTS	BD60	MAGNETIC PARTS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BD	NON FERROUS CUTTING, STAMPING, SHEET METAL WORK	BD7	ASSY & MODULES	BD70	ASSY & MODULES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF1	EXTRUDED - MISCELLANEOUS	BF10	EXTRUDED - MISCELLANEOUS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF2	EXTRUDED AND ASSEMBLY	BF20	EXTRUDED AND ASSEMBLY
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF3	EXTRUDED - MULTI PORTS TUBES	BF30	EXTRUDED - MULTI PORTS TUBES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF4	EXTRUDED -ROUND TUBES	BF40	EXTRUDED -ROUND TUBES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF5	DRAWN TUBES	BF50	DRAWN TUBES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BF	TUBES AND EXTRUDED ALUMINUM	BF6	ELECTRO WELDED TUBES	BF60	ELECTRO WELDED TUBES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH1	VALVES	BH11	THERMO EXPANSION VALVES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH1	VALVES	BH12	CONTROL VALVES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH1	VALVES	BH13	OTHER VALVES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH2	RECEIVER DRYERS	BH20	RECEIVER DRYER
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH3	MACHINED BLOCKS	BH30	MACHINED BLOCKS



B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH4	PIPES	BH41	PIPES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH4	PIPES	BH42	BRAZED PIPES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH4	PIPES	BH43	A/C LINES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH5	HEAT EXCHANGERS	BH51	HEAT EXCHANGERS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BH	HYDRAULIC COMPONENTS	BH5	HEAT EXCHANGERS	BH52	OIL COOLERS
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ1	NON FERROUS RAW FORGING W/O MACHINING	BJ11	RAW COMPRESSOR PISTON (FIXED & VARIABLE)
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ1	NON FERROUS RAW FORGING W/O MACHINING	BJ12	RAW COMPRESSOR ROTOR
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ1	NON FERROUS RAW FORGING W/O MACHINING	BJ13	RAW COMPRESSOR BRASS SWP
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ1	NON FERROUS RAW FORGING W/O MACHINING	BJ14	RAW COMPRESSOR ALU SWP
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ1	NON FERROUS RAW FORGING W/O MACHINING	BJ15	OTHER RAWFORGED COMPONENT
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ2	NON FERROUS FORGING & MACHINING	BJ21	MACHINED COMPRESSOR PISTON (FIXED & VARIABLE)
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ2	NON FERROUS FORGING & MACHINING	BJ22	MACHINED COMPRESSOR ROTOR
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ2	NON FERROUS FORGING & MACHINING	BJ23	MACHINED COMPRESSOR BRASS SWP
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ2	NON FERROUS FORGING & MACHINING	BJ24	MACHINED COMPRESSOR ALU SWP
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ2	NON FERROUS FORGING & MACHINING	BJ25	OTHER FORGED & MACHINED COMPONENT
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ3	IMPACT EXTRUSION & MACHINING	BJ31	IMPACTED & MACHINED SENSOR MEMBRANES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ3	IMPACT EXTRUSION & MACHINING	BJ32	IMPACTED & MACHINED LOCKRING
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ3	IMPACT EXTRUSION & MACHINING	BJ33	IMPACTED & MACHINED TRANSMISSION PISTON
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ3	IMPACT EXTRUSION & MACHINING	BJ34	COMPRESSOR ROTOR VANES
B	NON FERROUS AND TRANSFORMATION	BJ	NON FERROUS HOT FORGING	BJ3	IMPACT EXTRUSION & MACHINING	BJ35	OTHERS IMPACTED & MACHINED COMPONENT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA0	PP	CA00	PP
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA1	PA	CA10	PA



C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA2	PC	CA20	PC
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA3	THERMOSET	CA30	THERMOSET
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA4	PBT	CA40	PBT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA5	ABS	CA50	ABS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA6	PPS	CA60	PPS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA7	PMMA	CA70	PMMA
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA8	POM	CA80	POM
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CA	RESINS	CA9	RUBBER	CA90	RUBBER
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB10	PAINTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB11	SURFACE TREATMENT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB12	PAINT POWDER
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB13	LIQUID PAINT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB14	MASTERBATCH
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB1	PAINTS	CB15	INK AND TAMPOPRINT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB20	COATINGS AND VARNISHES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB21	HARDCOAT
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB22	ANTI-MIST
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB23	THERMOSET COATING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB24	RUBBER COATING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB25	MOTOR PROTECTION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB26	CATALYST
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB27	PLASIL



C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB2	COATINGS AND VARNISHES	CB28	PISTON COATING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB30	GLUES AND ADHESIVES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB31	PU / EPOXY GLUES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB32	SILICON GLUES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB33	OTHER BASE GLUES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB34	ADHESIVE AND TAPES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB3	GLUES AND ADHESIVES	CB35	SPECIAL TECHNOLOGY GLUE
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB4	SOLVENTS	CB40	SOLVENTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB5	LUBRICANTS	CB50	OIL AND GREASES
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB5	LUBRICANTS	CB51	LUBRICANTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB5	LUBRICANTS	CB52	COMPRESSOR OIL
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB5	LUBRICANTS	CB53	WAX - PARAFIN AND PCM
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB6	BASE CHEMICALS	CB60	CARBON DERIVATIVE
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB6	BASE CHEMICALS	CB61	CARBON BLACK
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB6	BASE CHEMICALS	CB62	SULFUR - BARRITE
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB6	BASE CHEMICALS	CB63	FILTERS RELATED CHEMICALS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB6	BASE CHEMICALS	CB64	RAW CHEMICALS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB7	POTTING RESINS	CB71	SILICON POTTING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB7	POTTING RESINS	CB72	EPOXY POTTING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB7	POTTING RESINS	CB73	FORMED-IN-PLACE OR CURED-IN-PLACE FOAM / GASKET
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CB	CHEMICALS	CB7	POTTING RESINS	CB74	OTHER POTTING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CC	PLASTICS TECHNICAL PLASTIC PARTS	CC1	TECHNICAL PARTS BELOW 250T (INCL.)	CC10	TECHNICAL PARTS BELOW 250T (INCL.)



C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CC	PLASTICS TECHNICAL PLASTIC PARTS	CC2	TECHNICAL PARTS OVER 250T BELOW 450T (INCL.)	CC20	TECHNICAL PARTS OVER 250T BELOW 450T (INCL.)
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CC	PLASTICS TECHNICAL PLASTIC PARTS	CC3	TECHNICAL PARTS OVER 450T BELOW 750T	CC30	TECHNICAL PARTS OVER 450T BELOW 750T (INCL.)
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CC	PLASTICS TECHNICAL PLASTIC PARTS	CC4	TECHNICAL PARTS OVER 750T	CC40	TECHNICAL PARTS OVER 750T
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD1	ASPECT PARTS INJECTED BELOW 250T (INCL.)	CD10	ASPECT PARTS INJECTED BELOW 250T (INCL.)
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD2	ASPECT PARTS INJECTED OVER 250T (INCL.)	CD20	ASPECT PARTS INJECTED OVER 250T
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD3	DECORATED TECHNICAL PARTS	CD30	DECORATED TECHNICAL PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD4	TRANSPARENT PARTS	CD40	TRANSPARENT PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD5	SPECIFIC ASSEMBLY - ASPECT PARTS	CD51	ASSEMBLED DECORATED PARTS - TCM
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD5	SPECIFIC ASSEMBLY - ASPECT PARTS	CD52	ASSEMBLED DECORATED PARTS - MCP
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CD	PLASTICS ASPECT PARTS	CD6	MULTI-INJECTION ASPECT PARTS	CD60	MULTI-INJECTION ASPECT PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE1	OVERMOLDED TECHNICAL PARTS	CE10	OVERMOLDED TECHNICAL PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE1	OVERMOLDED TECHNICAL PARTS	CE10	OVERMOLDED TECHNICAL PARTS (former CF)
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE2	GEARING PARTS	CE20	GEARING PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE3	MULTI-INJECTION NON-ASPECT PARTS	CE30	MULTI-INJECTION NON-ASPECT PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE4	EXTRUSION	CE40	EXTRUSION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE5	THERMOSET PARTS	CE50	THERMOSET PARTS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE6	BLOW MOLDING	CE60	BLOW MOLDING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE7	MUCELL	CE70	MUCELL
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE8	GAZ INJECTION	CE80	GAZ INJECTION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CE	PLASTICS OVERMOULDING AND SPECIFIC TECHNOLOGIES	CE9	MECATRONIC	CE90	MECATRONIC
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG1	SIMPLE INJECTION OR COMPRESSION	CG10	SIMPLE INJECTION OR COMPRESSION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG2	MECHANICAL / OIL RESISTANCE - INJECTION OR COMPRESSION	CG20	MECHANICAL / OIL RESISTANCE - INJECTION OR COMPRESSION



C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG3	COMPLEX - INJECTION OR COMPRESSION	CG30	COMPLEX - INJECTION OR COMPRESSION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG4	CIRCULAR SEALING - INJECTION	CG40	CIRCULAR SEALING - INJECTION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG5	SEALS AND PROFILES - EXTRUSION	CG50	SEALS AND PROFILES - EXTRUSION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG6	FLUID TRANSPORTATION - EXTRUSION OR INJECTION	CG60	FLUID TRANSPORTATION - EXTRUSION OR INJECTION
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CG	RUBBER PARTS	CG7	RUBBER PARTS DIE CUTTING	CG70	RUBBER PARTS DIE CUTTING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CH	FOAMS	CH1	FOAMS DIE CUTTING	CH10	FOAMS DIE CUTTING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CH	FOAMS	CH2	THERMOFORMED FOAMS	CH20	THERMOFORMED FOAMS
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CH	FOAMS	CH3	THERMOMOLDING	CH30	THERMOMOLDING
C	PLASTICS AND TRANSFORMATION	CH	FOAMS	CH4	EXPANSION	CH40	EXPANSION
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA1	ASIC AUTOMOTIVE	EA10	ASIC AUTOMOTIVE
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA1	ASIC AUTOMOTIVE	EA11	ASSP
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA2	MICRO 8 BITS	EA20	MICRO 8 BITS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA2	MICRO 8 BITS	EA29	MICRO 8 BITS - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA3	MICRO 16 BITS	EA30	MICRO 16 BITS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA3	MICRO 16 BITS	EA39	MICRO 16 BITS - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA4	MICRO 32 BITS	EA40	MICRO 32 BITS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA4	MICRO 32 BITS	EA49	MICRO 32 BITS - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA5	DSP	EA50	DSP
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA5	DSP	EA59	DSP - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA6	TRANSCEIVER	EA61	CAN HS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA6	TRANSCEIVER	EA62	CAN LS
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA6	TRANSCEIVER	EA63	LIN
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA6	TRANSCEIVER	EA64	FLEXRAY
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA6	TRANSCEIVER	EA69	TRANSCEIVER - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA7	LF AND RF DEVICE	EA70	LF AND RF DEVICE
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA8	PROGRAMMABLE LOGIC	EA81	FPGA
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA8	PROGRAMMABLE LOGIC	EA82	CPLD
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA9	MEMORY	EA91	EEPROM



E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA9	MEMORY	EA92	DRAM
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA9	MEMORY	EA93	FLASH MEMORY
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EA9	MEMORY	EA99	MEMORY - MISC.
E	ELECTRONICS	EA	ACTIVE DIGITAL COMPONENTS	EAZ	AD COMPONENT - MISC.	EAZ9	AD COMPONENTS - MISC.
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB1	MOSFET AND BIPOLAR	EB10	MOSFET ABOVE 5 AMP
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB1	MOSFET AND BIPOLAR	EB11	MOSFET ABOVE 5 AMP.
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB1	MOSFET AND BIPOLAR	EB12	MOSFET UNDER 5AMP
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB1	MOSFET AND BIPOLAR	EB13	BIPOLAR
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB2	SMART MOSFET	EB20	SMART MOSFET
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB3	POWER ASIC	EB30	ALTERNATORS REGULATOR
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB3	POWER ASIC	EB39	POWER ASIC - MISC.
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB4	IGBT	EB40	IGBT
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB5	POWER SUPPLY	EB50	VOLTAGE REGULATOR
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB5	POWER SUPPLY	EB51	DC-DC CONVERTER - SMPS
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB5	POWER SUPPLY	EB52	POWER MANAGEMENT IC
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB5	POWER SUPPLY	EB59	POWER SUPPLY - MISC.
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB6	DRIVER - ASSP	EB60	POWER STAGE DRIVER
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB6	DRIVER - ASSP	EB61	LED - DISPLAY DRIVER
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB70	PRESSFIT RECTIFYING POWER DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB71	SCHOTTKY - RECTIFIER POWER DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB72	SIGNAL DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB73	ZENER DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB74	TVS DIODE



E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB75	SCHOTTKY DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB7	DIODE	EB76	RECTIFIER DIODE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB8	POWER MODULE	EB80	MOSFET MODULE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB8	POWER MODULE	EB81	IGBT MODULE
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EB9	SBC	EB90	SBC
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EBZ	ACTIVE POWER COMPONENT - MISC.	EBZ8	DISCRETE - MISC.
E	ELECTRONICS	EB	ACTIVE POWER AND DISCRETE COMPONENTS	EBZ	ACTIVE POWER COMPONENT - MISC.	EBZ9	ACTIVE POWER COMPONENT - MISC.
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC3	MEMS	EC30	MEMS PRESSURE SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC3	MEMS	EC31	MEMS FLOW SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC3	MEMS	EC32	MEMS MICROPHONE
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC40	HALL EFFECT LATCH AND LINEAR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC41	THERMOSTAT W AND WO SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC42	DEW POINT SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC43	TEMPERATURE SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC44	VISION SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC45	ENGINE TEMPERATURE SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC46	SUN SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC47	AIR QUALITY SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC48	PRESSURE SENSOR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC4	SENSOR	EC49	SENSOR - MISC.
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC5	DISPLAY AND TOUCH PANEL	EC50	PASSIVE LCD DISPLAY
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC5	DISPLAY AND TOUCH PANEL	EC51	TFT DISPLAY
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC5	DISPLAY AND TOUCH PANEL	EC52	CAPACITIVE TOUCH PANEL
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC5	DISPLAY AND TOUCH PANEL	EC53	RESISTIVE TOUCH PANEL
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC5	DISPLAY AND TOUCH PANEL	EC59	DISPLAY AND TP - MISC.
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC60	VISIBLE LOW POWER
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC61	VISIBLE HP REAR
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC62	VISIBLE HP FRONT
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC63	MULTICHIP LED



E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC64	INFRA RED
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC65	OPTICAL COUPLER
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC66	LASER DIODE
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC67	OLED DEVICE
E	ELECTRONICS	EC	SENSORS AND OPTICAL DEVICES	EC6	OPTOELECTRONIC	EC69	OPTO - MISC.
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED1	VERY BASIC PCBA	ED10	VERY BASIC PCBA
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED2	SMT LOW RUNNER	ED20	SMT LOW RUNNERS
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED3	SMT HIGHT RUNNER	ED30	SMT HIGHT RUNNERS
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED4	SMT AND BACK END	ED40	SMT AND BACK END
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED5	COMPLEX ASSEMBLY	ED50	COMPLEX ASSEMBLY
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED6	CHIP ON BOARD / WIRE BONDING	ED60	CHIP ON BOARD / WIRE BONDING
E	ELECTRONICS	ED	PCBA	ED7	FLEX PCB	ED70	FLEX PCB
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE0	CONNECTOR	EE00	PIN HEADER
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE0	CONNECTOR	EE01	FPC - FFC CONNECTOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE0	CONNECTOR	EE02	MULTIMEDIA CONNECTOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE0	CONNECTOR	EE03	CONTACT
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE0	CONNECTOR	EE09	CONNECTOR - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE1	RELAY	EE11	RELAY
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE1	RELAY	EE12	MICRO-RELAY
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE21	POWER SWITCH
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE22	MICRO-SWITCH
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE23	TACT SWITCH
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE24	ROTARY SWITCH
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE25	PUSH-BUTTON
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE2	SWITCH	EE29	SWITCH - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE3	PROTECTIVE DEVICE	EE31	FUSE



E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE3	PROTECTIVE DEVICE	EE32	THERMAL ELECTRICAL PROTECTION
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE3	PROTECTIVE DEVICE	EE39	PROTECTIVE DEVICE - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE4	ELECTRO-ACOUSTIC COMPONENT	EE40	LOUD SPEAKERS
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE4	ELECTRO-ACOUSTIC COMPONENT	EE41	HORN
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE4	ELECTRO-ACOUSTIC COMPONENT	EE42	BUZZER
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE4	ELECTRO-ACOUSTIC COMPONENT	EE43	MICROPHONE
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE51	CAPACITOR CERAMIC
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE52	CAPACITOR ALUMINUM SMT
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE53	CAPACITOR ALUMINUM THRU
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE54	CAPACITOR FILM
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE55	CAPACITOR TANTALUM
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE56	CAPACITOR HYBRID - POLYMER
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE5	CAPACITOR	EE59	CAPACITOR - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE60	RESISTOR CHIP
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE61	RESISTOR SHUNT AND CURRENT SENSE
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE62	RESISTOR MELF
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE63	RESISTOR NETWORK
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE64	RESISTOR THROUGH HOLE
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE65	RESISTOR VARIABLE
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE66	VARISTOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE67	THERMISTOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE68	POLYSWITCH



E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE6	RESISTOR	EE69	RESISTOR - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE71	INDUCTORS - COILS
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE72	INDUCTOR CHOKES
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE73	INDUCTOR EMC FILTER
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE74	TRANSFORMERS
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE75	ANTENNA
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE7	INDUCTIVE COMPONENT	EE79	INDUCTOR - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE8	PIEZO DEVICE	EE81	CRYSTAL
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE8	PIEZO DEVICE	EE82	RESONATOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE8	PIEZO DEVICE	EE83	PIEZO FILTER
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE8	PIEZO DEVICE	EE84	ULTRASONIC SENSOR
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE8	PIEZO DEVICE	EE89	PIEZO DEVICE - MISC.
E	ELECTRONICS	EE	MECHANICAL ELECTRONICS AND PASSIVES	EE9	MECHANICAL ELECTRONICS - MISC.	EE99	MECHANICAL ELECTRONICS - MISC.
E	ELECTRONICS	EF	WELDING MATERIALS	EF0	WELDING MATERIALS	EF00	WELDING MATERIALS
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG1	CEM	EG10	CEM
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG2	FR4	EG21	FR4 - 2 LAYERS
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG2	FR4	EG22	FR4 - 4 TO 6 LAYERS
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG2	FR4	EG23	FR4 - ABOVE 6 LAYERS
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG2	FR4	EG24	FR4 - HDI
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG2	FR4	EG25	FR4 - FLEX RIGID - SEMI FLEX
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG3	FLEX	EG30	FLEX
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG4	LOW RTH	EG40	LOW RTH
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG5	HIGH TECHNOLOGY	EG50	HIGH FREQUENCY
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG5	HIGH TECHNOLOGY	EG51	LTCC
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG5	HIGH TECHNOLOGY	EG52	EMBEDDED COMPONENT
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG5	HIGH TECHNOLOGY	EG53	EMBEDDED POWER



E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG6	POWER SUBSTRATE	EG60	THICK COPPER
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG6	POWER SUBSTRATE	EG61	WIRELAID
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG6	POWER SUBSTRATE	EG62	THICK FILM CERAMIC
E	ELECTRONICS	EG	PCB	EG6	POWER SUBSTRATE	EG63	DIRECT BOND COPPER
K	OTHER SEGMENTS	KA	CONTRACT WORK	KA0	CONTRACT WORK	KA00	CONTRACT WORK
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB10	MISCELLANEOUS OTHER PACKAGING SUPPORTS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB11	COMPOSITE
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB12	SHIPPING AND STOCKING MATERIALS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB13	METAL
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB14	GLASS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB1	OTHER SUPPORTS OF PACKAGING	KB15	THERMOFORMING
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB2	WOOD AND LAMINATED WOOD	KB20	MISCELLANEOUS WOOD AND LAMINATED WOOD
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB2	WOOD AND LAMINATED WOOD	KB21	BOXES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB2	WOOD AND LAMINATED WOOD	KB22	FRAME
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB2	WOOD AND LAMINATED WOOD	KB23	PALLET
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB2	WOOD AND LAMINATED WOOD	KB24	STRENGTHENING PIECES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB30	CARDBOARD OTHER COUNTRY
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB31	CARDBOARD FRANCE
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB32	CARDBOARD WEST EUROPE
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB33	CARDBOARD EAST EUROPE
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB34	CARDBOARD NAFTA
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB35	CARDBOARD SOUTH AMERICA
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB36	CARDBOARD CHINA
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB37	CARDBOARD ASIA
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3A	MISCELLANEOUS CARDBOARD
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3B	GALIA BOXES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3C	PACKING CASE
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3D	OTHER CARDBOARD BOXES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3E	CONTAINERS AND FOLDING CASES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3F	WEDGING
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3G	FOAM WEDGING



K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB3	CARDBOARD PACKAGING	KB3H	PRE PRINTED CARDBOARD
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB40	MISCELLANEOUS PAPER
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB41	PRINTED ARTICLES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB42	LABELS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB43	SACHETS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB4A	STICKERS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB4	PAPER	KB4B	SACHETS PAPER
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB50	MISCELLANEOUS PLASTIC
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB51	PRIMARY BOXES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB52	VCI /ESD BAGS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB53	FILMS FOR BLISTERS AND COVERS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB54	PE BAGS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB55	PLASTIC PROTECTION
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB56	MOLDED POLYSTYRENE/ POLYPROPYLEN
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB5	PLASTIC	KB57	CUTTED FOAM
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB6	PACKAGING FASTENERS	KB60	MISCELLANEOUS PACKAGING FASTENERS
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB6	PACKAGING FASTENERS	KB61	STAPLES
K	OTHER SEGMENTS	KB	PACKAGING	KB6	PACKAGING FASTENERS	KB62	STYROFIL
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC1	MISCELLANEOUS ORGANIC FIBERS	KC10	MISCELLANEOUS ORGANIC FIBERS
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC2	GLASS FIBER TYPE E	KC20	GLASS FIBER TYPE E
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC3	ACRYLIC FIBER	KC30	ACRYLIC FIBER
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC41	GRID FOR FILTERS
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC42	MELT FOR FILTERS
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC43	SPUN FOR FILTERS
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC44	PARTICLE FILTER - FABRIC FRAME
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC45	PARTICLE FILTER - OVERMOLDED FRAME
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC46	COMBI FILTER - FABRIC FRAME
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC47	COMBINED FILTER - OVERMOULDED FRAME
K	OTHER SEGMENTS	KC	FIBERS, WIRES AND THREADS	KC4	FILTERS	KC48	METALLIC FILTERS
K	OTHER SEGMENTS	KD	RAW MATERIAL FOR FRICTION MATERIALS	KD0	RAW MATERIAL FOR FRICTION MATERIALS	KD00	RAW MATERIAL FOR FRICTION MATERIALS
K	OTHER SEGMENTS	KE	BOWDEN CABLES	KE1	MONO-CORE CABLES	KE10	MONO-CORE CABLES
K	OTHER SEGMENTS	KE	BOWDEN CABLES	KE2	MULTI-CORE CABLES	KE20	MULTI-CORE CABLES



K	OTHER SEGMENTS	KF	PTC	KF1	PTC STONES	KF10	PTC STONES
K	OTHER SEGMENTS	KF	PTC	KF2	PTC ELEMENTS	KF20	PTC ELEMENTS
K	OTHER SEGMENTS	KF	PTC	KF3	MECHANICAL PTC HEAT EXCHANGER	KF30	MECHANICAL PTC HEAT EXCHANGER
K	OTHER SEGMENTS	KF	PTC	KF4	ELECTRONIC PTC HEAT EXCHANGER	KF40	ELECTRONIC PTC HEAT EXCHANGER
K	OTHER SEGMENTS	KF	PTC	KF5	OTHER CERAMICS: FOR MICROWAVE PROTECTION, COSMETICS...	KF50	OTHER CERAMICS: FOR MICROWAVE PROTECTION, COSMETICS...
K	OTHER SEGMENTS	KG	BATTERIES AND ACCUMULATORS	KG1	BATTERIES	KG10	BATTERIES
K	OTHER SEGMENTS	KG	BATTERIES AND ACCUMULATORS	KG2	ACCUMULATORS	KG20	ACCUMULATORS
K	OTHER SEGMENTS	KH	MECHANICAL RESISTORS	KH1	CERAMIC	KH10	CERAMIC
K	OTHER SEGMENTS	KH	MECHANICAL RESISTORS	KH2	CARD	KH20	CARD
K	OTHER SEGMENTS	KH	MECHANICAL RESISTORS	KH3	COIL	KH30	COIL
K	OTHER SEGMENTS	KJ	CAMERA LENSES	KJ0	CAMERA LENSES	KJ00	CAMERA LENSES
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL1	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL11	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCT WITH STEEL COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL1	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL12	WELDED & ASSY PRODUCT WITH ROLL FORMED COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL1	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL13	WELDED & ASSY PRODUCT WITH HOT STAMPING COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL1	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL14	WELDED & ASSY PRODUCT WITH HYDRO FORMED COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL2	NON- FERROUS WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL21	WELDED & ASSY PRODUCT WITH STAMPED ALU COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL2	NON- FERROUS WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL22	WELDED & ASSY PRODUCT WITH EXTRUDED ALU COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL2	NON- FERROUS WELDED AND ASSEMBLY PRODUCTS	KL23	WELDED AND ASSEMBLY PRODUCT WITH MAGNESIUM COMPONENTS
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL3	ORGANO SHEET PRODUCTS	KL31	ORGANO SHEET
K	OTHER SEGMENTS	KL	FRONT END MODULE SPECIFIC PARTS	KL3	ORGANO SHEET PRODUCTS	KL32	ORGANO BLANK
K	OTHER SEGMENTS	KM	MIRRORS	KM1	PLASTIC MIRRORS	KM11	PLASTIC - FLAT
K	OTHER SEGMENTS	KM	MIRRORS	KM1	PLASTIC MIRRORS	KM12	PLASTIC - CURVED
K	OTHER SEGMENTS	KM	MIRRORS	KM2	GLASS MIRRORS	KM21	GLASS - FLAT
K	OTHER SEGMENTS	KM	MIRRORS	KM2	GLASS MIRRORS	KM22	GLASS - CURVED
K	OTHER SEGMENTS	KZ	NOT CLASSIFIED YET	KZ0	NOT CLASSIFIED YET	KZ00	NOT CLASSIFIED YET
L	LIGHTING COMPONENTS	LA	BULBS	LA0	BULBS	LA00	BULBS
L	LIGHTING COMPONENTS	LB	GLASS LENSES	LB0	GLASS LENSES	LB00	GLASS LENSES



L	LIGHTING COMPONENTS	LC	SOCKETS	LC0	SOCKETS	LC00	SOCKETS
L	LIGHTING COMPONENTS	LD	EIPTIC MODULE	LD0	EIPTIC MODULE	LD00	EIPTIC MODULE
L	LIGHTING COMPONENTS	LE	INTERIOR LIGHTING MODULE	LE0	INTERIOR LIGHTING MODULE	LE00	INTERIOR LIGHTING MODULE
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB1	HVAC BRUSH MOTOR	MB10	HVAC BRUSH MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB2	HVAC BRUSHLESS MOTOR	MB20	HVAC BRUSHLESS MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB3	BATTERY COOLING BRUSHLESS MOTOR	MB30	BATTERY COOLING BRUSHLESS MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB4	COOLING FAN BRUSH MOTOR	MB40	COOLING FAN BRUSH MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB5	COOLING FAN BRUSHLESS MOTOR	MB50	COOLING FAN BRUSHLESS MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB6	COOLING FAN SYSTEM WITH BRUSH MOTOR	MB60	COOLING FAN SYSTEM WITH BRUSH MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB7	COOLING FAN SYSTEM WITH BRUSHLESS MOTOR	MB70	COOLING FAN SYSTEM WITH BRUSHLESS MOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB8	MINI FAN	MB80	MINI FAN
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MB9	DC MINIMOTOR	MB90	DC MINIMOTOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MBA	DIRECT STEPPER ACTUATOR	MBA0	DIRECT STEPPER ACTUATOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MBB	SMART STEPPER ACTUATOR	MBB0	SMART STEPPER ACTUATOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MBC	DC ACTUATOR	MBC0	DC ACTUATOR
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MBD	SOLENOIDS	MBD0	SOLENOIDS
M	ELECTRO MECHANICS	MB	MOTORS AND ACTUATORS	MBE	PUMPS AND SUBASSEMBLY	MBE0	PUMPS AND SUBASSEMBLY
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC11	CLOCK SPRING WIRE HARNESS
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC12	MEDIUM VOLTAGE WIRE HARNESS
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC13	CABLE FLAT WIRE HARNESS
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC14	WIRE HARNESS WITH POTTING
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC15	W-HARN. NO POTTING-MAIN COMPONENT DRIVEN BY VALEO
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC16	W-HARN. NO POTTING-MAIN COMPONENT NOT DRIVEN BY VALEO
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC1	WIRE HARNESSSES	MC17	WIRE HARNESS WITH SPECIFIC TECHNOLOGY
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC2	CABLES	MC21	INSULATED FLAT CABLE
M	ELECTRO MECHANICS	MC	WIRE HARNESSSES AND CABLES	MC2	CABLES	MC22	INSULATED ROUND CABLE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD1	MAGNETS	MD11	FERRITE MAGNET
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD1	MAGNETS	MD12	RARE EARTH MAGNET



M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD1	MAGNETS	MD13	MAGNET INJECTION
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD2	BRUSHES	MD21	BRUSHES
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD2	BRUSHES	MD22	BRUSH CARD ASSEMBLY
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD3	COMMUTATORS	MD31	SHELL TYPE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD3	COMMUTATORS	MD32	BAR TYPE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD3	COMMUTATORS	MD33	FLAT TYPE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD3	COMMUTATORS	MD34	RING TYPE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD4	MAGNETIC WIRE FOR MOTORS	MD41	ROUND ENAMELLED COPPER WIRE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD4	MAGNETIC WIRE FOR MOTORS	MD42	FLAT ENAMELLED COPPER WIRE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD4	MAGNETIC WIRE FOR MOTORS	MD43	WRAPPED COPPER WIRE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD4	MAGNETIC WIRE FOR MOTORS	MD44	ROUND ENAMELLED ALUMINIUM WIRE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD4	MAGNETIC WIRE FOR MOTORS	MD45	FLAT ENAMELLED ALUMINIUM WIRE
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD5	INSULATORS	MD51	INSULATORS
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD5	INSULATORS	MD52	SHEATHS AND SLEEVES
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD6	COPPER	MD60	MISCELLANEOUS COPPER
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD6	COPPER	MD61	EXTRUDED COPPER STRUCTURAL / FLATT
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD6	COPPER	MD62	THICK ROLLED COPPER
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD6	COPPER	MD63	THIN ROLLED COPPER
M	ELECTRO MECHANICS	MD	MOTOR COMPONENTS AND ACCESSORIES	MD6	COPPER	MD64	REDRAWN TUBES OF COPPER
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME11	STANDARD BEARINGS EXTERNAL DIAMETER BELOW 25MM
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME12	STANDARD BEARINGS EXTERNAL DIAMETER OVER 25MM
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME13	ENCODER BEARINGS
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME14	MASSIF



M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME15	STAMPED
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME16	HIGH PRECISION BALLS AND ROLLERS
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME1	BALL BEARING	ME17	BALL SCREW
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME2	NEEDLE BEARING	ME20	NEEDLE BEARINGS
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME2	NEEDLE BEARING	ME21	THRUST NEEDLE BEARING
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME2	NEEDLE BEARING	ME22	PILOT BEARINGS
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME3	PULLEYS	ME31	OVERRUNNING ALTERNATOR PULLEY (OAP)
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME3	PULLEYS	ME32	OVERRUNNING ALTERNATOR DECOUPLER (OAD)
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME3	PULLEYS	ME33	ONE WAY CLUTCH (OWC)
M	ELECTRO MECHANICS	ME	BEARINGS, PULLEYS	ME3	PULLEYS	ME34	ELECTROMAGNETIC CLUTCH
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF1	STANDARD SCREW	MF10	STANDARD SCREW
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF2	SPECIFIC SCREW	MF20	SPECIFIC SCREW
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF3	PIN AND SHAFT	MF30	PIN AND SHAFT
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF4	RIVETS AND SPACER	MF40	RIVETS AND SPACER
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF5	STAMPING AND BENDING	MF50	STAMPING AND BENDING
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF6	NUTS	MF60	NUTS
M	ELECTRO MECHANICS	MF	FASTENERS, MOUNTINGS, FITTINGS	MF7	PLASTICS FITTING	MF70	PLASTICS FITTING



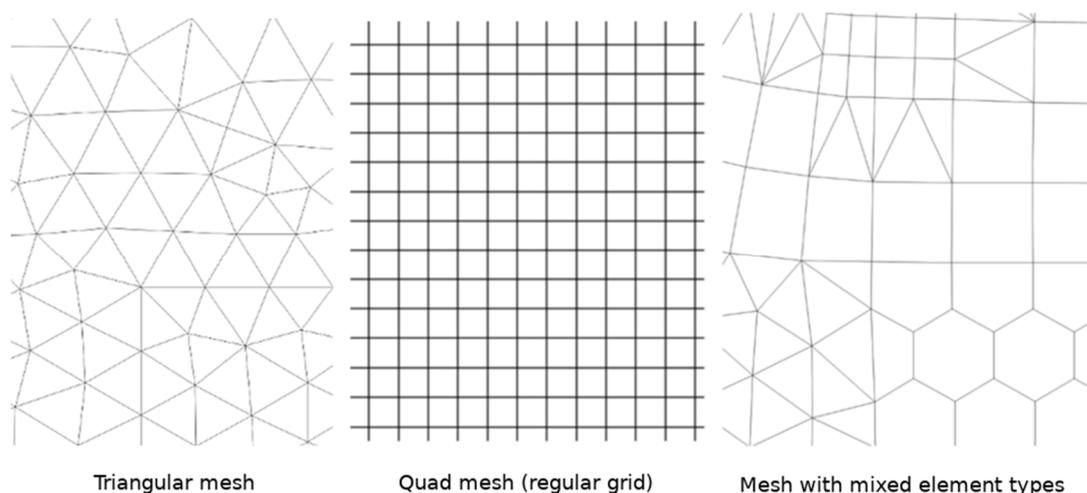
## Annexe G Notions de données maillées

Cette annexe est supportée par des extraits du manuel d'utilisation de QGIS. QGIS est un logiciel de système d'information géographique conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques

### Qu'est-ce qu'un maillage ?

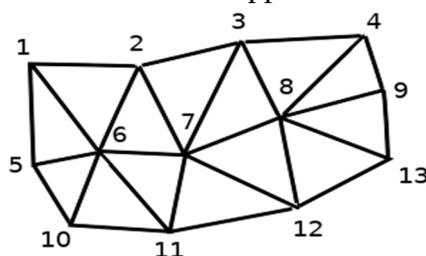
Un maillage est une grille non structurée qui contient usuellement des composantes temporelle ou d'autres types. La composante spatiale contient une collection de sommets, d'arêtes et de faces en 2D ou en 3D :

- **sommets** : points XY(Z) (dans le système de coordonnées de la couche)
- **arêtes** : connecte des paires de sommets
- **faces** : une face est définie par une série d'arêtes formant une surface fermée, typiquement un triangle ou un quadrilatère et, plus rarement, un polygone composé de plus de sommets



*Différents types de maillage*

Le maillage fournit les informations sur la structure spatiale. En plus, un maillage peut contenir des jeux de données (des groupes) qui attribuent une valeur à chaque sommet. Voici un exemple avec un maillage triangulaire dont les numéros de sommets apparaissent sur l'image ci-dessous :



*Maillage triangulaire dont les sommets sont numérotés*

Chaque sommet peut stocker plusieurs jeux de données (très souvent de grandes quantités) et ceux-ci peuvent avoir également une dimension temporelle. Ainsi, un unique fichier peut contenir de très nombreux jeux de données.

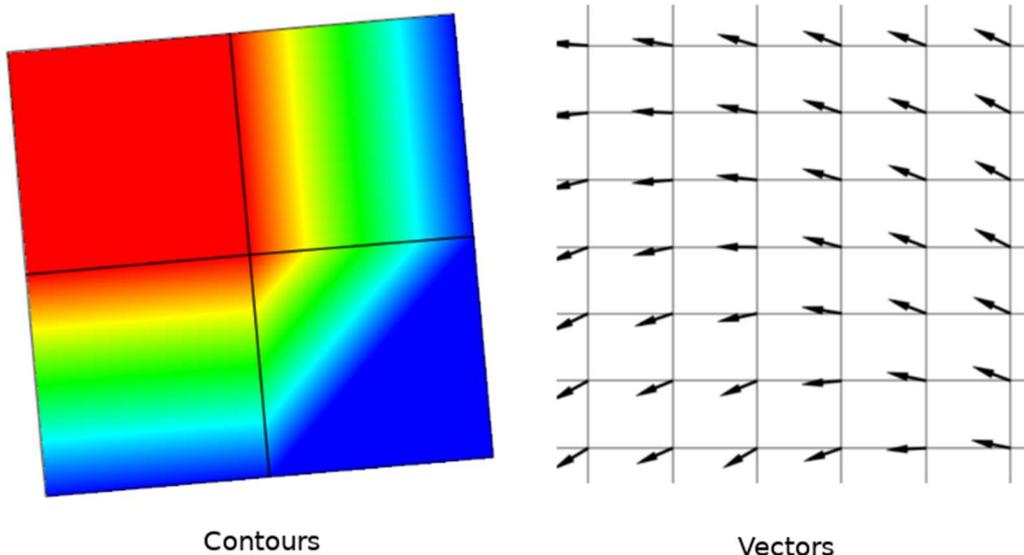
Le tableau qui suit donne une idée des informations qui peuvent être stockées dans les jeux de données maillés. Les colonnes correspondent aux numéros des sommets et chaque ligne représente un jeu de

données. Les jeux de données peuvent être de différents types. Dans cet exemple, il s'agit de la vitesse du vent à 10m à différents moments (t1, t2, t3).

De la même manière, un jeu de données maillé peut stocker des vecteurs de valeurs pour chaque sommet. Par exemple, la direction du vent à un moment donné :

Vent à 10m	1	2	3	...
Vitesse à 10m au temps t1	17251	24918	32858	...
Vitesse à 10m au temps t2	19168	23001	36418	...
Vitesse à 10m au temps t3	21085	30668	17251	...
...	...	...	...	...
Direction du vent à 10m au temps t1	[20,2]	[20,3]	[20,4.5]	...
Direction du vent à 10m au temps t2	[21,3]	[21,4]	[21,5.5]	...
Direction du vent à 10m au temps t3	[22,4]	[22,5]	[22,6.5]	...
...	...	...	...	...

Nous pouvons visualiser les données en attribuant des couleurs aux valeurs (de la même façon que pour les rendus raster en Pseudo-couleur à bande unique) et en interpolant les données entre les sommets en fonction de la topologie. Il est courant que les valeurs soient des vecteurs 2D plutôt que de simples valeurs scalaires (comme pour la direction du vent). Pour de telles types de valeurs, il est préférable d'afficher des flèches indiquant les directions.



Exemples de visualisation de données maillées

