CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

CENTRE REGIONAL ASSOCIÉ DE NOUVELLE-AQUITAINE

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLÔME d'INGÉNIEUR CNAM

SPÉCIALITÉ : Génie Industriel

Parcours : Production

EN PARTENARIAT AVEC L'ITII Poitou-Charentes

par

AUBRY Flavien

Formation et mise en place d'un logiciel de gestion d'AMDEC

Soutenu le 27/08/2019

JURY

PRÉSIDENT : M. Luc LAURENT

MEMBRES :

Mme Béatrice GELIN	**M. Olivier GROSPEAUD**	**M. Christophe ROULLIER**
M. Gilles LASNIER	**M. Alain VIOLLEAU**	**M. Régis PETIT**
Mme Agathe SOULARD	**M. Marc Anthony PUPPYNCK**	

Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps Madame Céline BERNARD, directrice du site Magneti Marelli Châtellerault, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser cette formation au sein de son entreprise.

Je remercie tout particulièrement :

- Monsieur Yann PIERRE-PIERRE pour m'avoir accueilli dans son service pour ces trois années d'apprentissage ;
- Monsieur Julien BREGIER, mon maître d'apprentissage, leader qualité process UO2, pour avoir joué son rôle de tuteur et m'avoir guidé pendant ces trois années ;
- Monsieur Pierre BONNET, Responsable Qualité Système et Task Force Quality pour avoir été disponible et avoir vérifié la conformité à la norme, tout au long de l'élaboration de ce projet.
- Tous les membres de l'équipe projet pour leur travail, leur disponibilité et leur force de propositions tout le long du projet.

Je remercie aussi tous les membres du service qualité pour leur accueil, leur sympathie et leur coopération professionnelle.

Je remercie l'ITII Poitou-Charentes et le CNAM Nouvelle-Aquitaine, son personnel ainsi que tous les formateurs qui nous ont transmis leurs savoirs et leurs compétences dans de bonnes conditions.

Glossaire

#

5W : *5 Pourquoi* / Outil de recherche de causes racines

5M : *Ishikawa / Diagramme en arête de poisson* / Outil de recherche de causes potentielles

4M+1D : C'est aussi un diagramme en arête de poisson, il utilise la même méthodologie mais suit d'autres causes principales : Main-d'œuvre, Machine, Méthode, Matière et Design.

A, B

AIAG : *Automotive Industry Action Group* / Association de constructeurs automobiles américains.

AMDEC : Analyse des Modes Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités.

APIS : Nom usité du logiciel de gestion d'AMDEC au sein de l'usine / Nom du développeur de IQ-RM Pro

C, D

Chemin critique : Plus longue séquence de tâches qui doit être accomplie pour que le projet soit terminé à la date prévue

CMS : Composant Monté en Surface

CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers

CP : *Control Plan* / Plan de surveillance

E, F, G

EBE : Excédent brut d'exploitation

EBITDA : Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization / Bénéfice avant intérêts, impôts, dépréciation et amortissement

FCA : Fiat Chrysler Automobile

FTQ : First Time Quality, taux de pièces bonnes du premier coup

I, J

IATF : *International Automotive Task Force* / Norme dérivée de l'ISO 9001 pour une application au secteur automobile

Interpolation : Action d'interpoler (Intercaler des valeurs ou des termes intermédiaires dans une série de valeurs ou de termes connus); résultat de cette action (Source : *Trésors de la langue Française,* 1994)

IO : Instruction opérationnelle

IP : Ingénieur Process

IQ : Ingénieur Qualité

IQ-RM : Nom commercial du logiciel de gestion d'AMDEC implanté dans le projet expliqué dans ce mémoire

ITII : Institut des Techniques d'Ingénieur de l'Industrie

K

KPI : Key Performance Indicator – Indicateur de performances

L, M, O

Ligne CMS : Ligne de câblage de cartes électroniques

Liquid Pad : Pâte thermique

LUTI : Learn, Use, Teach, Inspect. C'est un outil permettant de formaliser la création d'une formation interne à Magneti Marelli.

O&R : Occurrence & Release

P

PFD : Diagramme de flux processus (Process Flow Diagram)

PR : Procédure

Q

QA Matrix : C'est une matrice ayant pour données d'entrée des indicateurs de performance Qualité interne et externe et pour données de sortie la priorisation des problèmes Qualité à traiter et la définition des processus dits critiques ainsi qu'un 4M+1D permettant l'analyse des contributions des modes de défaillances.

QA Network : C'est une matrice utilisée pour la surveillance du contrôle de la qualité dans le processus.

QCM : Questionnaire à Choix Multiple

R

RH : Ressources Humaines

R&D : Recherche et Développement

S, T

SOP : Standard Operating Procedure

Technologue d'applications : Personnel spécialiste de la technologie et de l'application de cette dernière pour la mise en place de processus industriel.

U, V, W

UAP : Unité Autonome de Production

UO : Unité Opérationnelle

VDA : *Verband der Automobilindustrie* / Association de constructeurs automobiles allemands.

WCM : World Class Manufacturing

Sommaire

Remerciements **2**
Glossaire **3**
Sommaire **6**
Introduction **8**
1. Présentation de l'entreprise **9**
1.1. Groupe Magneti Marelli 9
1.2. Magneti Marelli France 10
1.2.1. Présentation générale 10
1.2.2. Les catégories de produits fabriqués 10
1.2.3. Les clients 11
1.2.4. Le chiffre d'affaires 12
2. Contexte de mise en place du projet **13**
2.1. Environnement du projet 13
2.2. Demande divisionnaire 14
2.2.1. En réponse aux clients 14
2.2.2. En corrélation avec la norme qualité IATF 16949 15
2.3. Tentatives de mise en place infructueuses au sein de l'usine 16
2.4. Analyse de risques 17
3. Préparation du projet **18**
3.1. Définition des objectifs du projet 18
3.2. Choix et définition des acteurs 19
3.2.1. Définition des acteurs 19
3.2.2. Choix des acteurs 20
3.3. Choix des étapes et définition du contenu de chacune d'entre elles 23
3.4. Planification 24
3.4.1. Table de planification 24
3.4.2. Diagramme de Gantt 26
3.5. Vérification des performances économiques prévisionnelles 27
3.5.1. Project Card Prévisionnelle 27
3.5.2. Payback Prévisionnel 29
3.6. Recherche bibliographique 31
3.6.1. Qu'est-ce l'AMDEC dans le secteur automobile ? 31
3.6.2. Normes régissant l'AMDEC 34
3.7. Formation AMDEC et APIS reçue pour atteindre un niveau formateur 36
3.8. Entraînement et réunion AMDEC 37
3.8.1. Cadrage de l'AMDEC 37
3.8.2. Analyse structurelle 38
3.8.3. Analyse fonctionnelle 38
3.8.4. Implantation des défaillances 40
3.8.5. Analyses des actions et optimisation 41
4. Déploiement de la solution **43**
4.1. Ecriture du livret de formation et son suivi 43
4.1.1. Choix du découpage de la formation 43
4.1.2. Choix du produit d'illustration de la formation 45
4.1.3. Dimensionnement de l'épaisseur de Liquid Pad nécessaire 46
4.1.4. Organisation de l'écriture du livret de formation 57
4.1.5. Suivi de l'écriture du livret 58
4.2. Formation et suivi des avancements 59
4.3. Mise à jour des modules de formation 61
4.4. Ecriture d'une rubrique FAQ à la formation 62

5. Contrôle des acquis 63
5.1. Stratégie de rédaction du Questionnaire à Choix Multiple 63
5.2. Evaluation de fin de formation 64
5.3. Evaluation du formateur à chaud 64
5.4. Evaluations du formateur à froid 65
6. Pérennisation du projet 66
6.1. Capitalisation des évaluations du formateur 66
6.2. Mise à jour des procédures du système qualité 67
6.3. Ajout de cette formation au plan global de formation 69
6.3.1. Qu'est-ce qu'un LUTI ? 69
6.3.2. Suivi du LUTI 70
6.3.3. Clôture du LUTI 71
7. Bilan du projet 72
7.1. Bilan managérial 72
7.1.1. Approche utilisée 72
7.1.2. Mise en application et problèmes rencontrés 74
7.1.3. Comparaison des situations *avant* et *après* 76
7.2. Bilan économique 79
7.2.1. Project Card Actualisée 79
7.2.2. Payback actualisé 81
7.2.3. Comparaison entre le prévisionnel et le réel 82
Conclusion 84
Annexes 85
I- Fiche de validation de projet 86
II- Diagramme des acteurs du projet 90
III- Diagramme de Gantt 91
IV- Diagramme de méthodologie AMDEC 92
V- Nouvelle grille d'AMDEC Processus Automotive 93
VI- Grille et Matrice d'Occurrence & Release 93
VII- Table de correspondance de l'AMDEC vers l'O&R 94
VIII- Support AMDEC venant d'APIS 95
IX- Plan de délais 96
X- Tableau de comparaison des normes 97
XI- Tableau de bord projet 98
Index des Figures 99
Index des Tableaux 100
Bibliographie 101

Introduction

Pour être toujours plus performantes sur des marchés de plus en plus concurrentiels, les entreprises doivent développer de nouvelles stratégies et techniques. Garantir la qualité de ses produits au travers de certifications et de l'utilisation d'outils d'analyse préventifs peut être un moyen de rassurer les clients déjà acquis et de conquérir de nouveaux marchés. Ces certifications et ces outils sont mis en place ou utilisés chez Magneti Marelli Châtellerault.

L'avenir de l'entreprise dépend de plusieurs nouveaux projets qui sont très suivis par nos clients. Ces projets doivent subir des analyses de risques afin de garantir un niveau de qualité suffisant dès les préséries de ses produits. En tant qu'élève ingénieur, ma mission principale est liée au management d'un projet. Ce dernier a pour objectif d'implanter un nouveau système de création et de gestion d'analyse de risques AMDEC au sein de l'usine. Cette mission s'inscrit donc dans la politique qualité globale de mon entreprise d'accueil.

Vous trouverez dans ce mémoire les étapes de mise en place ainsi que la méthodologie employée pour mener à bien ce projet.

1. Présentation de l'entreprise

1.1.Groupe Magneti Marelli

Magneti Marelli est un groupe mondial d'origine italienne fondé en 1919 par Fiat. En mai 2019, Magneti Marrelli quitte le groupe FCA (Fiat Chrysler Automobile) pour se regrouper avec Calsonic Kansei. Le nouveau groupe ainsi formé devient le septième équipementier mondial indépendant et prend le nom de Marelli. Ce départ est effectif après plusieurs années de négociations entre le groupe FCA et différents acteurs de l'électronique. Malgré la fusion, le siège social reste à Corbetta, près de Milan. Le nouveau groupe est maintenant présent dans vingt et un pays avec 170 sites de production et de R&D (Recherche et Développement) comptant 65 000 employés. Son activité est principalement axée dans le secteur automobile avec onze grandes familles de produits ou services : ce sont les divisions.



Figure 1 - Les divisions du groupe Marelli

Magneti Marelli Châtellerault fait partie de la division Systèmes électroniques de ce nouveau groupe. Cela m'amène à m'attarder sur cette entreprise en particulier.

1.2.Magneti Marelli France

1.2.1. Présentation générale

En 1964, Jaeger, fabricant de compteurs, s'installe à Châtellerault et confectionne des systèmes électroniques pour les systèmes de transports ferroviaire, aéronautique et automobile. En 1990, Jaeger change de nom pour devenir Magneti Autronica.

Aujourd'hui, le site de Châtellerault s'étale sur 26 500 m² et ses environ 500 salariés fabriquent 15 000 références de produits. Plus de 20 000 produits sortent chaque jour de l'usine, ils sont divisés en six grandes familles.

1.2.2. Les catégories de produits fabriqués

Le graphique ci-dessous vous montre les différentes catégories de produits que j'explique ci-après.

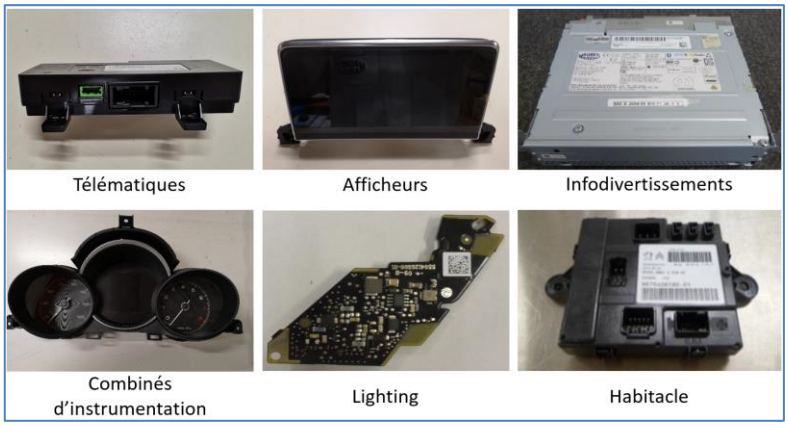


Figure 2 - Les catégories de produits

Voici une description de chacun des produits :

- **Les Télématiques :** Ce sont des boîtiers se trouvant dans la planche de bord permettant d'assurer des appels d'urgence avec transmission des coordonnées GPS sur demande ou en automatique dans le cas d'un accident (image : Autonomous Telematic Box pour les véhicules de chez PSA) ;
- **Les Afficheurs** ou écrans de bord : Ils permettent un retour des informations d'un infodivertissement (image : Display DGT8C pour les véhicules 3008 et 5008 de la marque Peugeot) ;

- **Les Infodivertissements :** Ce sont des modules combinant radio, GPS et tout ce qui est associé au confort de l'habitacle. Ils sont souvent liés à un afficheur qui peut aussi être produit à Châtellerault (image : Giorgio HU présent dans les véhicules Giulia et Stelvio d'Alfa Romeo) ;
- **Les Combinés d'instrumentation :** C'est la famille des compteurs de vitesse (image : MCA 334 pour la Fiat 500X) ;
- **Le Lighting :** Ce sont des cartes électroniques de contrôle ou d'éclairage fabriquées à Châtellerault pour le compte de la filiale Automotive Lighting (image : carte L551) ;
- **Les Habitacles :** Ce sont tous les modules électriques permettant des actions sur le véhicule. (image : Module d'ouverture du hayon permettant le verrouillage centralisé).

Mon projet porte sur l'intégralité des catégories de produits présentées qui répondent à toutes les exigences de nos clients.

1.2.3. Les clients



Figure 3 – Logo des différents clients de Magneti Marelli Châtellerault

Le site de production regroupe trois grandes familles de clients :

- Les constructeurs de voitures dont les groupes PSA et FCA ;
- D'autres équipementiers ;
- D'autres sites de production du groupe.

C'est l'ensemble des commandes de nos clients qui permet de générer le chiffre d'affaires et de garantir un EBE (Excédent Brut d'Exploitation) suffisant à la survie de l'entreprise.

1.2.4. Le chiffre d'affaires

En 2018, le chiffre d'affaires du site de Châtellerault s'élève à 245 millions d'euros. Il est en baisse par rapport à l'année précédente. Cela montre que l'usine est en période creuse en termes de projets.

Cette situation est temporaire puisque le prochain grand projet est déjà en cours de préparation et arrivera en production d'ici à la moitié de l'année 2020. Cependant, le chiffre d'affaires montre l'activité de l'entreprise mais n'est pas un indicateur de la santé de cette dernière. Pour cela, il faut calculer son EBITDA (Bénéfice avant intérêts, impôts, dépréciation et amortissement).

Pour rappel, il existe deux manières de calculer l'EBITDA. La première se fait en partant du chiffre d'affaires brut (CA HT), ce qui donne cette formule :

$$EBITDA = CA\ HT - Achats\ et\ Charges\ externes - Charges\ de\ personnel - Autres\ Charges$$

La deuxième manière est en partant du résultat net comptable (RNC) :

$$EBITDA = RNC + Charges\ financières + Impôts\ et\ Taxes + Amortissements\ et\ provisions$$

Je le compare à l'activité via un ratio fait avec le chiffre d'affaires. Cet indicateur, l'EBITDA/CA, doit être compris entre 8 et 10% afin d'être acceptable. Celui présenté ci-dessous l'est puisqu'il est au-dessus des 8%. Ce résultat remonte sur la dernière année ce qui peut rassurer les investisseurs et le repreneur.

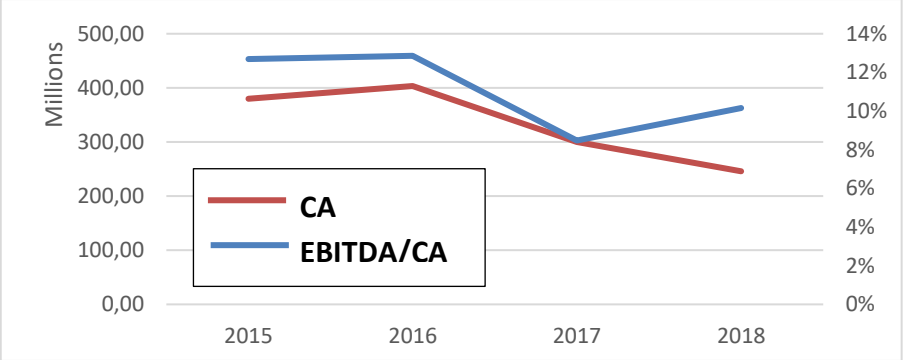


Figure 4 - Evolution du chiffre d'affaires (CA) et de l'EBITDA/CA

Afin d'améliorer ses performances économiques, l'usine se doit d'accueillir de nouveaux projets. C'est dans cette dynamique que ma mission intervient et permet de mettre en place des actions avant la mise en production. Ces dernières ont pour but de diminuer les pertes éventuelles : retour client, mise au rebut ou même la perte de temps sur la future ligne de production. Mon projet s'inscrit dans un contexte qu'il est important de retracer.

2. Contexte de mise en place du projet

2.1.Environnement du projet

Magneti Marelli Châtellerault est une firme automobile certifiée IATF 16949, norme qui garantit à ses clients que l'entreeprise est à leur écoute et que ses produits sont un gage de qualité. Afin de nous assurer de ne pas avoir de problèmes lors du développement et de l'industrialisation d'un nouveau produit, les groupes projets font des analyses de risques complètes en utilisant un outil nommé AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités). Nous le définirons et nous décrirons sa constitution dans la partie « recherche bibliographique » de ce mémoire. Dans notre démarche, il intervient dans un temps bien défini permettant des changements qui entraînent des coûts encore supportables pour un produit. Au sein de l'usine, il est très souvent initié après une première vision du produit fini, au travers d'un prototype d'indice B ou d'un modèle imprimé en stéréolithographie. L'idée est d'avoir un aperçu du produit fini pour l'analyser de la façon la plus précise possible pour ne pas oublier une contrainte pouvant s'appliquer au futur processus de fabrication.

L'AMDEC est utilisée par tous les constructeurs et équipementiers du secteur qui l'ont normée et codifiée à travers des préconisations et des normes clients. Depuis deux ans, une standardisation des supports d'AMDEC est de plus en plus demandée par les clients et les groupements de clients (AIAG ou VDA par exemple). Il est exigé des équipementiers qu'ils détaillent bien leurs analyses de risques afin de garantir la meilleure qualité du produit ou la meilleure stabilité des flux de production. Cette étape permet aussi de suivre l'état d'avancement des actions identifiées au sein de l'AMDEC lors de réunions régulières et de points d'avancement.

Dans le but de répondre à ces demandes très présentes, la division Systèmes électroniques a exigé de ses centres de R&D et de ses usines d'utiliser un logiciel permettant le partage de données et la standardisation des formats d'AMDEC.

2.2.Demande divisionnaire

2.2.1. En réponse aux clients

Les groupements de fabricants automobiles demandent de plus en plus à ce que les AMDEC aient un format commun ou standard. C'est dans cette optique que la suite APIS IQ-Software, développée par APIS GmbH avec le soutien du groupement VDA et du groupe Renault, a été créée.

Pour répondre à cette volonté grandissante, le groupe Marelli a défini que le futur format standard des AMDEC, Design puis Processus, serait au format IQ (que l'on appelle APIS par abus de langage). Pour constituer ces AMDEC, nous avons besoin d'un coordinateur au niveau de la division pour prodiguer des formations auprès de toutes les usines du monde. Il s'avère cependant que cette situation n'est idéale que pour les centres R&D qui se sont adaptés à APIS assez facilement. Ce n'est pas le cas dans les usines où la mise en place n'est pas toujours une chose facile à faire et ceci pour plusieurs raisons que l'on verra dans la partie qui traite des tentatives de mise en place infructueuses[1]. Il a donc été décidé de nommer des référents APIS dans chacune des usines du groupe. Ce sont des experts de ce logiciel qui l'utilisent tous les jours et qui connaissent la méthodologie AMDEC parfaitement. Ils servent de support aux autres utilisateurs et permettent d'avoir des réponses de façon quasi immédiate.

Afin de cadrer et de pérenniser l'utilisation de ce logiciel en tant que standard, il faut en vérifier la conformité vis-à-vis de la norme qualité du secteur automobile (IATF 16949). Cette dernière a un impact sur notre façon de procéder, de faire une AMDEC et de suivre ce projet.

[1] Pour plus de précision, allez voir la partie : 2.3. 2.3. Tentatives de mise en place infructueuses au sein de l'usine (p. 16).

2.2.2. En corrélation avec la norme qualité IATF 16949

L'IATF est une norme qui concerne la démarche Qualité au sein de l'industrie automobile. Elle remplace l'ancien ISO/TS 16949 depuis 2016 puisqu'auparavant toute norme devait être préalablement validée par un organisme de normalisation. La publication originelle de l'ISO/TS 16949 date de 1999.

Ces normes viennent compléter la norme qualité ISO 9001 qui cadre la création d'un système de management par la qualité (SMQ). L'IATF 16949 ajoute tous les éléments spécifiques à l'automobile et les réponses aux exigences des acteurs de son marché. L'idée est d'avoir un document de référence permettant à tous de pouvoir créer son SMQ (Système de Management par le Qualité) correctement.

Cette norme est en vigueur sur le site de Châtellerault et doit être respectée par tous. Elle me concerne d'autant plus que je fais partie intégrante du processus Qualité de l'usine. De surcroît, je me suis renseigné auprès du référent Qualité, M. Bonnet, mon guide pour toute la partie de mon projet ayant un impact sur le SMQ. En changeant la création et la gestion des AMDEC, je vais avoir à modifier toutes les procédures et instructions cadrant les activités autour de cet outil d'analyse de risques. Ces changements permettront de pérenniser l'objet du projet afin d'éviter tout retour en arrière comme par le passé ; des tentatives ont en effet déjà eu lieu mais ont été vaines.

Je vais ainsi expliquer pourquoi l'usine n'a pas réussi à basculer sur APIS par le passé dans la partie suivante.

2.3.Tentatives de mise en place infructueuses au sein de l'usine

Par le passé, plusieurs vagues d'implantation d'APIS ont eu lieu au sein de l'usine châtelleraudaise. Elles se sont toutes soldées par un abandon de la part des techniciens en qualité ligne et des ingénieurs process. Je suis allé voir ces derniers pour comprendre les raisons de ces abandons. Après plusieurs sessions d'entrevues avec ces différents collaborateurs, j'ai pris un temps de réflexions afin de compiler les données de ses discussions. J'ai alors compris que cinq grandes causes se dessinent et qu'elles sont autant de risques à la pérennité de mon projet :

- Un format Excel éprouvé avec plus de dix ans d'utilisation et de corrections. Les habitudes sont difficiles à changer ;
- La formation initiale en anglais qui n'aide pas certaines personnes à comprendre la méthodologie qui se trouve en arrière-plan du logiciel ;
- Des éléments trop théoriques, sans lien avec le terrain ;
- Pas de référent sur place pour répondre aux questions des utilisateurs rapidement ;
- Pas de mise à jour du système qualité empêchant les vieilles habitudes de revenir.

Suite à ces découvertes, j'ai intégré de nouvelles préconisations au développement de la formation pour éviter les écueils des précédentes tentatives. Je synthétise toutes les informations dans une analyse de risques.

2.4. Analyse de risques

Pour faire cette analyse de risques, j'utilise une matrice SWOT qui me permet de centraliser toutes les menaces, les opportunités, les forces et les faiblesses du projet. Je les ai toutes listées ainsi :

	Positif	Négatif
Interne	**Forces** - Outils proches de la méthodologie AMDEC ; - Réponse 100% conforme aux exigences clients et normes.	**Faiblesses** - Pas de support écrit avec des exemples concrets ; - Dérive du planning ; - Dérive dans l'utilisation du logiciel ; - Refus de formation.
Externe	**Opportunités** - Transversalisation des AMDEC venant d'autres sites ; - Meilleure cohésion entre les R&D et l'usine.	**Menaces** - Mise en place annulée par le groupe ; - Arrêt des mise à jour d'APIS ; - Annulation des budgets alloués.

Figure 5 - Matrice SWOT (MOFF) du projet

Cette analyse de risques a été faite avant le lancement du projet afin d'éviter certains pièges du passé, d'où les entrevues réalisées précédemment auprès des techniciens en qualité et des ingénieurs processus sur les précédentes tentatives d'implantation par exemple. Ces problèmes entrent dans les faiblesses du projet. J'ai aussi complété mon analyse de risques lors d'une réunion avec la future équipe projet en faisant un brainstorming sur tout ce qui pourrait freiner ou provoquer l'annulation du projet. J'ai listé toutes les idées et les ai classées sur les quatre cadrans de la matrice SWOT. Chaque menace et chaque faiblesse implique une action à mettre en place ou un objectif à atteindre pour le bon déploiement du projet. Je définis tout cela lors de la préparation du projet.

3. Préparation du projet

3.1.Définition des objectifs du projet

Après avoir pris connaissances des difficultés d'implantation issues des expériences précédentes, j'ai pu fixer des objectifs à atteindre pour réussir ce projet. Ces buts sont les suivants :

- Comprendre et apprendre à utiliser la suite développée par APIS et plus particulièrement IQ-RM afin de retransmettre au mieux les compétences aux techniciens en qualité ligne ;
- Créer des supports de formation compréhensibles, pérennes et utiles en dehors des sessions de formations pour qu'ils soient consultables en permanence et permettent de démarrer et maintenir une AMDEC ;
- Dispenser une formation claire et complète aux techniciens en qualité comprenant des exemples venant de l'usine afin de connecter théorie et pratique ;
- Être présent comme support en cas de questions ou de demandes de précision sur l'utilisation du logiciel afin de fournir les informations manquantes qui permettront d'aider les techniciens en qualité ou toute autre personne

Suite à la définition de ces buts, j'ai exposé ce projet lors d'une réunion de présentation auprès des parties prenantes : mon tuteur et mon responsable de processus. Mon projet est validé après plusieurs questions et explications.

Après cela, j'ai défini le contour du projet par le truchement d'une analyse des acteurs, la création des étapes du projet, une planification, une évaluation des coûts engendrés et une analyse du terrain managérial en début du projet.

3.2.Choix et définition des acteurs

3.2.1. Définition des acteurs

Pour ce projet d'implantation d'un logiciel de gestion d'AMDEC, j'ai défini et choisi les acteurs de la façon suivante :

- **Les acteurs externes au projet :** Ce sont des membres extérieurs de l'entité dont je fais partie. Ils peuvent intervenir sur le projet d'une manière ou d'une autre. Ces acteurs me sont imposés par le contexte et la situation dans laquelle se passe le projet. Je pense ici au développeur du logiciel ou au représentant venant du groupe.
- **Les acteurs internes au projet :** Ce sont les personnes ou entités qui ont une action directe sur le projet. Dans mon cas, cette catégorie contient les personnes qui vont recevoir la formation puisqu'ils sont à l'origine du projet et ont un fort impact sur sa réussite. La formation est un échange entre le formateur et les participants.
- **L'équipe projet :** Elle rassemble l'ensemble des acteurs pouvant agir sur l'avancement du projet. Dans mon cas, ils sont là pour m'aider en cas de situation managériale complexe et pour suivre l'avancement des formations pour affecter de nouvelles tâches aux personnes formées. Un des membres est là pour vérifier la conformité du logiciel à la norme et au système qualité interne de l'usine.
- **Le comité de pilotage :** Il comprend uniquement les personnes à l'origine du projet. Ici, il est constitué de trois personnes : le commanditaire, le responsable direct du chef projet et le chef projet. Il permet de rendre compte des avancements au commanditaire et de garder une communication ouverte avec lui en cas de problème que seul cet acteur peut régler.

Après avoir défini chaque catégorie d'acteurs, je vais choisir chacun d'eux et détailler leur rôle dans le projet.

3.2.2. Choix des acteurs

Comme indiqué ci-avant, j'ai défini plusieurs catégories d'acteurs. La première contient des acteurs externes à l'entreprise : le développeur du logiciel, un référent RH et le référent APIS du centre R&D. Ce dernier est tenu au courant des avancées de la formation et des AMDEC en bascule d'Excel vers APIS dans l'usine. Cependant, il reste un dernier acteur externe au projet en la personne du responsable APIS au niveau de la division, M. VEIL Eberhard (employé au centre R&D de Stuttgart), qui a été mon formateur, mon guide et la personne sur laquelle j'ai pu m'appuyer en cas de soucis ou de questions.

Ce dernier acteur externe est venu à Châtellerault pour me prodiguer une formation avancée sur (APIS) IQ RM Pro dans le but de me rendre formateur à mon tour au sein de l'usine. Suite à cet enseignement, j'ai utilisé le logiciel seul pour ne pas perdre ce que j'ai appris et ai commencé à rédiger les prémices de ce qui est amené à devenir les modules du livret de formation. M. VEIL a relu ces documents une fois finalisés pour corriger certaines incompréhensions et contrôler le processus de formation qui sera mis en place. Nous avons gardé des contacts réguliers tout au long du projet afin de continuer à avoir un échange de bonnes pratiques et de connaissances sur le sujet ou sur nos mondes professionnels respectifs (lui, R&D et moi, Usine WCM).

Une fois les acteurs externes choisis, je dois faire de même avec les acteurs internes. Ils sont six techniciens en qualité ; ce sont les participants que je dois former et qui seront les utilisateurs réguliers du logiciel. Avant toute chose, j'ai discuté avec chacun d'entre eux du sujet pour définir leurs niveaux personnels de compétences et de motivation. J'ai choisi de les noter de 1 à 4 afin de définir leur niveau d'autonomie respectif[2]. J'ai créé trois groupes de deux personnes en fonction de cela ce qui me permet d'adopter un style managérial spécifique à chaque groupe.

[2] Méthodologie défini par Hersey et Blanchard expliquée au chapitre 7.1.1 de ce mémoire (p. 72).

Le premier est constitué de deux personnes qui n'ont pas spécialement une grande motivation à changer leurs habitudes. Elles possèdent, selon elles, une vision très scolaire de l'AMDEC puisqu'elles n'ont pas eu l'occasion de l'appliquer dans le monde professionnel.

Le deuxième groupe est celui qui a une autonomie moyenne pour lequel l'approche de l'outil AMDEC est présente avec la version Excel mais qui ne connaît pas ou peu IQ RM. Je vais devoir leur expliquer plus en détail l'utilisation de ce logiciel, des économies qui vont en découler et des oublis qui peuvent être faits.

Le troisième groupe est quant à lui le groupe le plus avancé dès l'origine du projet : soit les membres sont motivés par le fait d'avoir un collaborateur formé à disposition pour répondre aux questions, soit ils sont issus d'une génération plus connectée et ayant l'habitude d'expérimenter et d'utiliser des outils informatiques.

Mes objectifs sont de rendre les participants le plus autonome possible pour n'avoir qu'à gérer les questions et agrémenter mon livret de formation pour les futurs techniciens en qualité. Pour effectuer cela, j'ai créé un support de formation qui est évolutif et intuitif avec une interface cliquable sur Powerpoint.

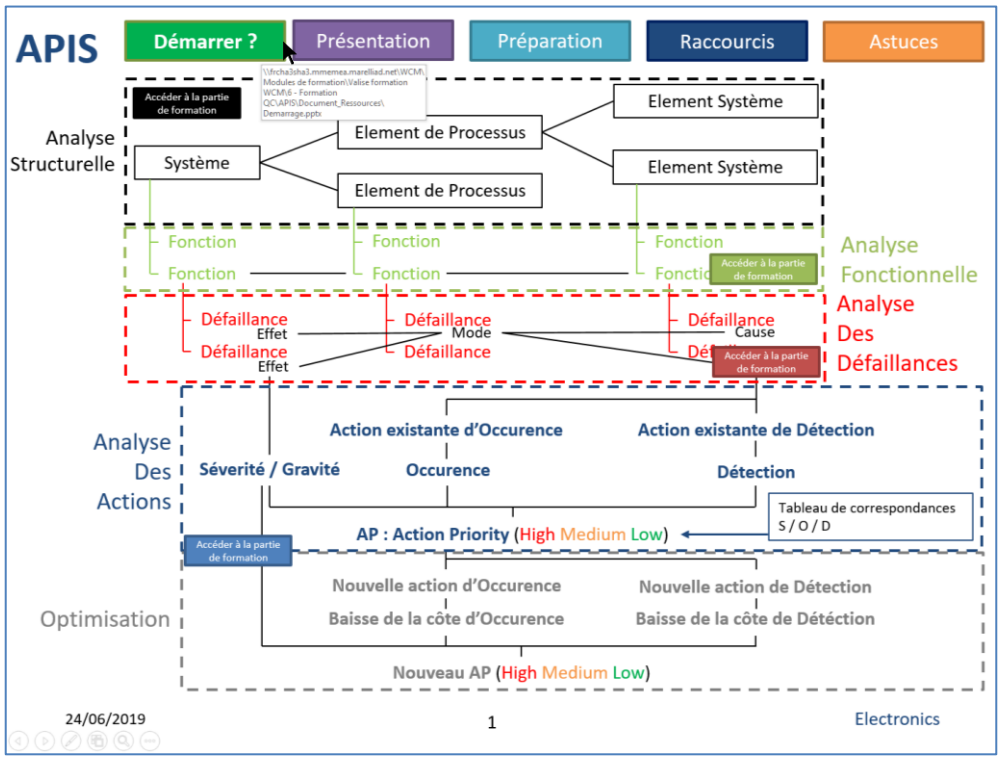


Figure 6 - Aperçu de l'interface Powerpoint

En plus des acteurs, j'ai aussi défini deux autres groupes de personnes : une équipe projet et un comité de pilotage. L'équipe projet est constituée des leaders qualité production et du responsable du SMQ. Les réunions faites avec elle sont majoritairement des points d'avancement sur le projet et les comptes rendus des sessions de formations. Les buts de cette équipe sont de prendre connaissance du terrain existant, de vérifier les supports avant de donner la formation et de faire un point sur le projet toutes les deux semaines.

Le dernier groupe est le comité de pilotage qui est constitué du responsable qualité du site qui est le commanditaire de ce projet, de mon tuteur, mon responsable directe, et de moi-même en tant que chef projet. C'est vraiment lors de ces réunions mensuelles que les décisions sont prises sur le projet. C'est aussi lors de ce type de rassemblement que les points bloquants qui n'ont pas été réglés par l'équipe projet sont remontés. J'en profite également pour mettre au clair certaines interrogations venant du terrain qui nécessitent l'appui du management de l'usine. Je réponds aussi aux exigences demandées lors de ces entrevues par le responsable qualité comme créer un système permettant de transformer une AMDEC (IATF) sortant du logiciel en « Occurrence & Release » (O&R)[3] , un outil ne répondant plus au client mais aux normes internes du groupe (World Class Manufacturing). Le but de cet outil est d'avoir une vision matricielle des risques suivant deux zones : une zone rouge pour les cotations élevées qui sont à traiter et une zone verte qui contient des cotations plus basses qui n'ont pas de traitement possible. Cela apporte une approche visuelle simplifiée des risques. Vous trouverez ci-dessous un ensemble de matrices :

AA		RELEASE			
		1	2	3	4
OCCURRENC	1				
	2				
	3				
	4				

*Safety

A		RELEASE			
		1	2	3	4
OCCURRENC	1	32	8	1	9
	2	23	9	52	7
	3	3	3	15	4
	4		21	4	19

*Dynamic Functional

B/C		RELEASE			
		1	2	3	4
OCCURRENC	1	38	9	15	3
	2	24	8	67	42
	3		1	26	4
	4	4		10	29

*Aesthetic & Other

Figure 7 - Matrice Occurence et Release

[3] Vous trouverez en Annexe VI une grille d'Occurrence & Release (O&R) complète (p. 93).

Les lettres AA, A, B ou C correspondent à quatre niveaux de sévérité, AA étant la sévérité la plus haute et C la plus basse. Les deux autres cotations O&R vont de 1 (niveau le plus bas) à 4 (niveau le plus haut).

Il existe des tableaux de correspondances[4] entre les deux outils (O&R et AMDEC). Je me suis appuyé sur ces tables pour faire un petit logiciel en VBA (Visual Basic Application) permettant une conversion totale de l'AMDEC en O&R. Ceci est un projet annexe que j'ai mené avec l'appui de mon responsable de processus.

Pour ce qui est du projet de ce mémoire, comme je viens de définir et choisir mes acteurs, il me faut maintenant choisir ma feuille de route et en définir les étapes.

3.3.Choix des étapes et définition du contenu de chacune d'entre elles

Pour ce type de projet, il n'existe aucune fiche de route interne à Magneti Marelli. Il m'a fallu choisir une méthode à suivre. J'ai décidé de me baser sur un PDCA (Plan Do Check Act) qui a pour objectif de cadrer une amélioration continue de la formation.

La partie Préparation du projet (Plan) comprend toute la recherche documentaire ayant trait aux outils gérés par APIS (Plan de surveillance, Diagramme de flux de processus et AMDEC Processus), la formation que j'ai reçue de la part de M. VEIL (Magneti Marelli Stuttgart) et toute l'organisation de la formation (la création des livrets de formation et le choix des groupes). Elle entend aussi tout ce qui touche au cadrage du projet avec des aspects économiques prévisionnels et la définition des différents acteurs.

La partie Réalisation du projet (Do) est constituée des sessions de formation dispensées aux techniciens en qualité, de l'écriture du livret de formation ainsi que des corrections et des précisions qui ont été apportées suite aux demandes formulées lors des sessions. Cette étape comprend aussi l'écriture du dernier chapitre de formation qui vise à

[4] Pour voir une table de correspondance, aller à l'Annexe VII – Table de correspondance entre l'AMDEC et l'O&R (p. 94).

aller un peu plus loin dans l'utilisation d'APIS afin de gagner encore plus de temps grâce à des manipulations plus avancées du logiciel.

La partie Vérification (Check) implique la mise en place d'un QCM (Questionnaire à Choix Multiple) qui sert à contrôler les acquis des collaborateurs formés. La correction de ce dernier est faite instantanément après l'évaluation. Cette partie du projet permet de savoir non seulement si tous les collaborateurs ont bien compris la formation mais aussi si j'ai été un bon formateur au travers de deux évaluations : une à chaud, c'est-à-dire immédiatement, et une à froid, soit au minimum trois mois après la fin de formation.

Enfin, l'ultime étape de Capitalisation et de Pérennisation (ACT) permet de maintenir la mise en place faite par ce projet au travers des mises à jour du Système de Management par la Qualité (procédures et instructions opérationnelles). Ces modifications de document qualité qui, en plus de pérenniser l'objet de ma mission, permettent de rester conforme aux normes pour lesquelles l'usine est certifiée. Cependant, il manque un dernier élément garantissant la pérennisation de ce projet : la formation d'un collaborateur apte à me remplacer en cas d'absence et à la fin de mon contrat.

3.4.Planification

La planification est une étape incontournable de tout projet puisqu'elle permet d'avoir une vision globale sur le temps du projet et d'extraire des informations essentielles telles que le chemin critique et des données économiques en termes de coût en main d'œuvre. C'est pour cela que j'ai effectué une table de planification pour affecter les ressources à chaque tâche pour ensuite la retranscrire en diagramme de Gantt. De plus, la vision en diagramme me permet d'étudier des paramètres critiques du projet tels que le respect des deadlines.

3.4.1. Table de planification

Afin de planifier au mieux mon projet, j'ai créé une table me permettant de noter toutes les tâches du projet que l'on a vues dans la partie précédente. À chacune de ces actions, j'ai affecté les ressources humaines et calculé le temps nécessaire. J'ai aussi implanté des jalons qui me permettent de communiquer l'avancement de mon projet avec un représentant

du service des Ressources Humaines (RH) au travers d'un outil appelé LUTI (Learn Use Teach Inspect) que je développerai dans la partie Amélioration et pérennisation[5].

Vous trouverez ci-dessous la planification tabulaire finalisée :

Nom de la tâche	Durée	Affectation[6]
Avant-Projet		
Définition du groupe projet	2 heures	AF
Définition des objectifs du projet	7 heures	AF
Préparation du projet		
Recherche documentaire sur la suite IQ et l'AMDEC	8 heures	AF
Analyse managériale préalable	8 heures	AF, BJ, MJ
Formation APIS : niveau formateur	36 heures	AF, VE
Jalon LEARN – Fin de la période d'apprentissage	(Jalon)	AF, BJ, CJN
Comparaison entre les différentes normes	10 heures	AF, BP
Définition des groupes de formation	3 heures	AF, BJ, MJ
Ecriture du livret	40 heures	AF
Jalon USE – Fin de la période d'expérimentation et d'écriture	(Jalon)	AF, BJ, CJN
Déploiement de la solution		
Formation des techniciens Qualité	30 heures	AF, BM, BE, BI, MN, MS, SS
Réécriture des modules de formation	10 heures	AF
Ecriture du module 5 : Trucs et Astuces	15 heures	AF
Jalon TEACH – Fin de la période de formation	(Jalon)	AF, BJ, CJN
Contrôle des acquis et du formateur		
Mise en place du QCM	4 heures	AF, CJN
Examen et Correction	3 heures	AF
Jalon INSPECT – Fin de la période d'examen	(Jalon)	AF, BJ, CJN
Amélioration et pérennisation		
Correction du livret de formation final	12 heures	AF
Mise à jour des procédures	10 heures	AF, BP
Inscription de la formation au plan de formation usine	8 heures	CJN

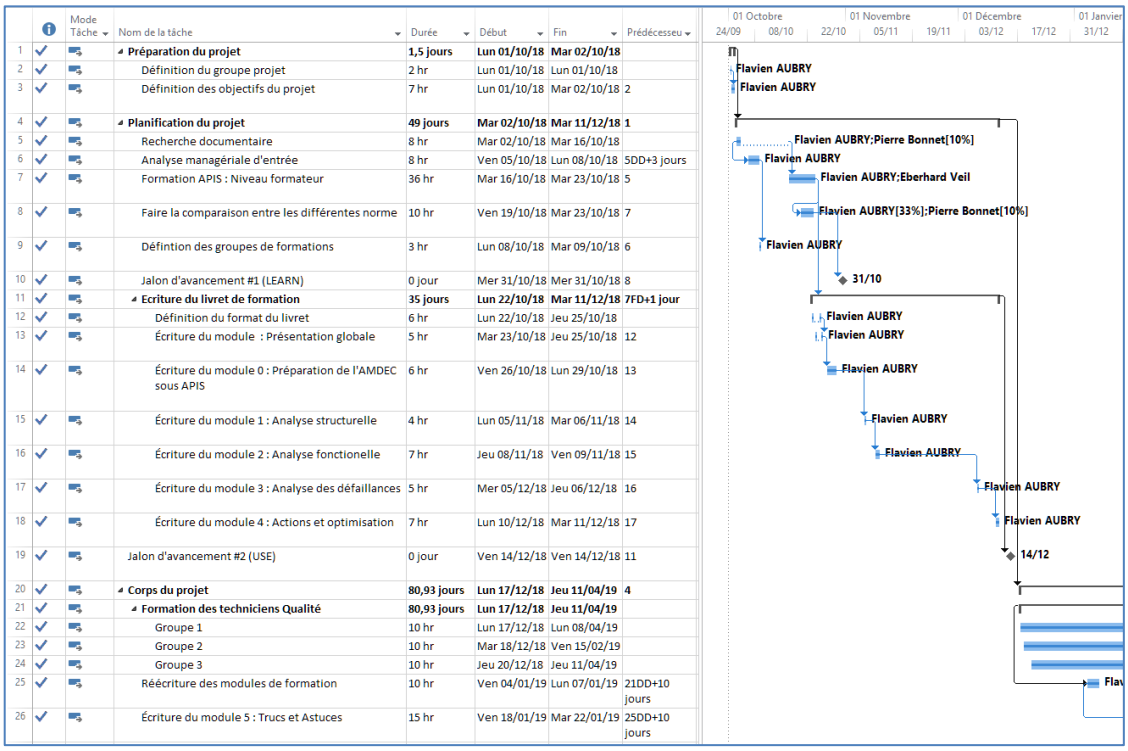
Tableau 1 - Planification tabulaire

[5] Pour plus de précision, allez voir la partie 6.3.1. Qu'est-ce qu'un LUTI ? (p. 69).

[6] Vous retrouverez la signification des initiales de la colonne Affectation dans l'annexe II – Diagramme des acteurs du projet (p. 90).

3.4.2. Diagramme de Gantt

J'ai ensuite utilisé ma table de planification pour faire un diagramme de Gantt (en utilisant MS Project) dans le but d'avoir une approche plus visuelle de ma planification. Vous retrouverez ci-après un aperçu de ce diagramme qui a été utilisé lors de chaque réunion du comité de pilotage ou de l'équipe projet afin de simplifier la présentation de l'avancement de la mission.



	Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédécesseu
1		**Préparation du projet**	**1,5 jours**	**Lun 01/10/18**	**Mar 02/10/18**	
2		Définition du groupe projet	2 hr	Lun 01/10/18	Lun 01/10/18	
3		Définition des objectifs du projet	7 hr	Lun 01/10/18	Mar 02/10/18	2
4		**Planification du projet**	**49 jours**	**Mar 02/10/18**	**Mar 11/12/18**	**1**
5		Recherche documentaire	8 hr	Mar 02/10/18	Mar 16/10/18	
6		Analyse managériale d'entrée	8 hr	Ven 05/10/18	Lun 08/10/18	5DD+3 jours
7		Formation APIS : Niveau formateur	36 hr	Mar 16/10/18	Mar 23/10/18	5
8		Faire la comparaison entre les différentes norme	10 hr	Ven 19/10/18	Mar 23/10/18	7
9		Définition des groupes de formations	3 hr	Lun 08/10/18	Mar 09/10/18	6
10		Jalon d'avancement #1 (LEARN)	0 jour	Mer 31/10/18	Mer 31/10/18	8
11		**Ecriture du livret de formation**	**35 jours**	**Lun 22/10/18**	**Mar 11/12/18**	**7FD+1 jour**
12		Définition du format du livret	6 hr	Lun 22/10/18	Jeu 25/10/18	
13		Écriture du module : Présentation globale	5 hr	Mar 23/10/18	Jeu 25/10/18	12
14		Écriture du module 0 : Préparation de l'AMDEC sous APIS	6 hr	Ven 26/10/18	Lun 29/10/18	13
15		Écriture du module 1 : Analyse structurelle	4 hr	Lun 05/11/18	Mar 06/11/18	14
16		Écriture du module 2 : Analyse fonctionelle	7 hr	Jeu 08/11/18	Ven 09/11/18	15
17		Écriture du module 3 : Analyse des défaillances	5 hr	Mer 05/12/18	Jeu 06/12/18	16
18		Écriture du module 4 : Actions et optimisation	7 hr	Lun 10/12/18	Mar 11/12/18	17
19		Jalon d'avancement #2 (USE)	0 jour	Ven 14/12/18	Ven 14/12/18	11
20		**Corps du projet**	**80,93 jours**	**Lun 17/12/18**	**Jeu 11/04/19**	**4**
21		**Formation des techniciens Qualité**	**80,93 jours**	**Lun 17/12/18**	**Jeu 11/04/19**	
22		Groupe 1	10 hr	Lun 17/12/18	Lun 08/04/19	
23		Groupe 2	10 hr	Mar 18/12/18	Ven 15/02/19	
24		Groupe 3	10 hr	Jeu 20/12/18	Jeu 11/04/19	
25		Réécriture des modules de formation	10 hr	Ven 04/01/19	Lun 07/01/19	21DD+10 jours
26		Écriture du module 5 : Trucs et Astuces	15 hr	Ven 18/01/19	Mar 22/01/19	25DD+10 jours

Figure 8 - Extrait du diagramme de Gantt[7]

La planification GANTT permet à la fois de visualiser le temps passé sur chaque tâche et d'y affecter des ressources humaines ou matérielles. Ces informations permettent de calculer des coûts qui entrent en compte dans l'impact économique que l'on retrouvera dans le bilan du projet. Cependant, afin d'être sûr que ce projet ne génère pas de pertes et entraîne bien des économies, j'ai fait une analyse prévisionnelle des performances économiques du projet.

[7] Vous retrouverez le diagramme de Gantt complet en annexe : III – Diagramme de Gantt (p.91).

3.5.Vérification des performances économiques prévisionnelles

3.5.1. Project Card Prévisionnelle

À la suite de la planification, j'ai fait une première estimation des coûts afin de vérifier la viabilité du projet et de définir un budget pour permettre à l'entreprise de garantir un taux de rentabilité suffisant. Pour contrôler tout cela, j'utilise un outil de décision lié au WCM (World Class Manufacturing) : la Project Card. Cette dernière est un document d'aide à la décision qui tend à vérifier si le projet est rentable ou non.

Pour la remplir, il faut projeter les données économiques sur une durée de douze mois pour ensuite calculer un indice de performance (Economies / Coût ou B/C). Pour être viable, l'indice du projet doit être supérieur à 1.

Dans mon cas, le projet génère des économies en termes de temps de création et de traitement (édition, mise à jour) d'AMDEC. En me basant sur des évaluations faites sur d'autres sites du groupe Marelli qui utilisent déjà APIS, j'en ai déduit un gain de 20% sur le temps normal de création d'une analyse de risques et de 40% sur le temps de mise à jour.

Pour les coûts, ce sont les temps de formation, les temps de préparation et le coût horaire de chacun des utilisateurs formés qui entrent en compte dans les calculs. Je n'inclus pas ici le temps que j'ai passé en formation avec le coordinateur divisionnaire car celle-ci a été financée par le groupe et non par l'entreprise française.

Pour avoir toutes les données, j'ai demandé au service RH de me fournir les taux horaires d'un apprenti en dernière année et des techniciens en qualité ligne. Voici ce que j'ai reçu :

Fonction	Taux horaires
Apprenti (Dernière année)	12,5€/h
Techniciens Qualité ligne	34,7€/h

Tableau 2 - Taux horaires (Source : Service RH Magneti Marelli)

Suite à ces informations, j'ai fixé un temps de formation de dix heures par technicien en qualité sachant qu'ils sont, je le rappelle, répartis en trois groupes. Cela correspond à trente heures de formation dispensées et à un équivalent de soixante heures reçues par les techniciens en qualité. Toutes ces données entrent dans le calcul de coût.

	Nb de personnes	Nb d'heures	Coût horaire	Coût total
Constitution et écriture	1	40	12,5€	500 €
Temps de formation				
Temps formateur	1	30	12,5€/h	375 €
Temps formés	6	10	34,7€/h	2 082 €
			Total Coût	**2 957 €**

Tableau 3 - Calcul de coûts prévisionnels

Une fois que les coûts sont calculés, je m'intéresse aux bénéfices potentiels. Pour faire la meilleure évaluation possible, j'ai fait une moyenne de temps de constitution d'une AMDEC sur un support Excel. Pour faire cette estimation, j'ai pris comme base plusieurs postulats :

1. Chaque technicien en qualité a une AMDEC en cours de création ;
2. Chaque technicien en qualité a une AMDEC en mise à jour ;
3. Les techniciens sont formés au logiciel.

Ces axiomes sont extrêmement limitants sachant que, dans la réalité, un technicien en qualité a entre 0 et 3 AMDEC en création.

Pour ce qui est du temps de création, je me suis renseigné auprès des ingénieurs process qui planifient des réunions AMDEC pour avoir une évaluation approchante mais légèrement sous-estimée. Nous avons remarqué que le temps moyen de création d'une AMDEC est de sept mois avec des réunions hebdomadaires de deux heures au minimum. Le temps de mise à jour est d'environ deux heures par semaine, sur cinquante semaines par an.

Comme vous avez pu le comprendre, mon KPI (indicateur de performance) est le temps d'exécution d'une création ou de mise à jour d'une AMDEC avant (sous Excel) et après (sous APIS).

	KPI Avant	KPI Après	Coût horaire	Economie totale
Optimisation temps de création	58,33 h	46,67 h	$34{,}7 \times 6 =$ 208,20 €/h	2 429 €
Optimisation temps de M.à.J.	100	60	208,20 €/h	8 328 €
			Total économies	**10 757 €**

Tableau 4 - Calcul des économies engendrées par le projet

Une fois que j'ai calculé les coûts et les économies, je suis passé à l'indice de performance : le bénéfice/coût me peremt de voir si mon projet est économiquement viable.

$$B/C = \frac{10\,757}{2\,957} = 3{,}64$$

Mon indicateur étant supérieur à 1, mon projet est économiquement viable et permettra à l'entreprise de gagner 3,64 fois la somme investie pour le projet. Il restera à vérifier la concordance de ces prévisions avec la réalité[8]. Je vais aussi chercher à savoir à quel moment le projet va devenir rentable.

3.5.2. Payback Prévisionnel

Le Payback est un outil de statistiques économique permettant d'apprécier le temps qu'il faut pour que les économies engendrées par le projet soient égales aux investissements nécessaires à sa mise en place. Pour faire cette évaluation, j'ai effectué deux interpolations :

- La première a été faite selon une fonction linéaire qui permet de voir quand les résultats du projet vont dépasser les investissements faits pour ce dernier. C'est la vision la plus théorique qu'il est impossible d'avoir sans expérience sur le logiciel. Je considère donc le payback donné par cette interpolation comme étant ma borne minimale en termes de temps
- La deuxième, exponentielle, est plus proche de la réalité et permet de voir quand les résultats seront suffisants pour combler les pertes dues aux investissements faits pour le projet. Pour la faire, j'ai résolu une équation comprenant une exponentielle passant par les points (0, 0) et (12, 10 757).

[8] Pour consulter le bilan économique du projet, voir la partie 7.2. Bilan économique (p. 79).

L'interpolation exponentielle est plus proche de la réalité que l'interpolation linéaire puisque les performances des résultats vont continuer à évoluer dans le temps grâce au gain en assurance des personnes formées lié à l'expérience qu'elles vont acquérir. Il faut aussi prendre en compte la capitalisation entre les AMDEC qui va être dynamisée grâce à un moteur de recherche intégré qui permet d'importer des éléments d'autres AMDEC en faisant un simple glisser-déposer. Ainsi, plus il y aura d'AMDEC sous APIS, plus le gain de temps sera fort bien que non linéaire.

Je finis par compiler toutes ces données sous la forme d'un graphique qui me donne deux dates qui sont les payback du projet.

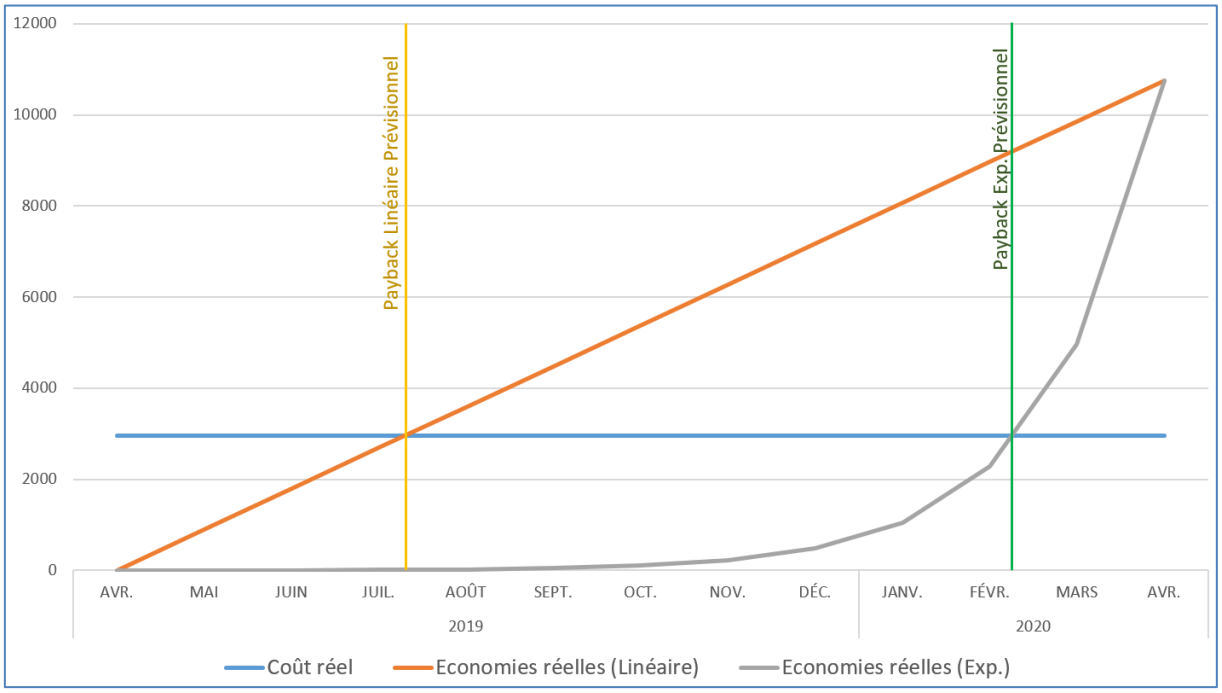


Figure 9 - Courbe de payback prévisionnel

	Payback Prévisionnel
Interpolation Linéaire	25 Juillet 2019
Interpolation Exponentielle	22 Février 2020

Tableau 5 - Résultats de l'analyse payback

Ces deux dates sont les moments où les résultats engendrés par le projet dépassent les investissements qui ont permis sa mise en place, c'est-à-dire, à partir de quel moment le projet devient rentable. Le Payback est amené à évoluer pendant le projet, et nous le retrouverons lors du bilan de ce dernier.

Pour l'instant, je continue la préparation de mon projet avec une recherche bibliographique qui traite des AMDEC dans le secteur automobile et des normes qui y sont associées.

3.6.Recherche bibliographique

3.6.1. Qu'est-ce l'AMDEC dans le secteur automobile ?

Pour me préparer au mieux, j'ai commencé par une recherche d'informations autour de l'AMDEC au travers de documentations internes du groupe Marelli et dans la littérature générale. L'AMDEC est définie comme étant un outil d'analyse de risques poussé permettant une recherche de causes plus complexes qu'une analyse de risques simple via une matrice SWOT.



Figure 10 - SWOT (Source : piloter.org)

N°	Analyse structurelle			Analyse fonctionnelle			
	Element Racine	Etape du processus	Element de travail (5M)	Fonction de l'Element racine	Fonction de l'étape process et caractéristiques produit	Fonction de l'élément de travail et caractéristiques processus	Effe

Figure 11 - Extrait d'un table AMDEC[9]

L'AMDEC est cadrée par plusieurs normes dont l'IATF et les normes clients (AIAG et VDA). Les données contenues au sein de ces analyses de risques restent les mêmes, seules l'approche et la forme de l'analyse changent.

[9] Vous trouverez la grille complète à l'annexe : V – Nouvelle grille d'AMDEC Processus Automotive (p.93).

Je vais m'intéresser à la méthode décrite[10] par le VDA dans mon projet car c'est elle qui est à la base du logiciel APIS. Cette approche est découpée en sept étapes de projet.

La première étape est une étape de préparation et de cadrage de l'AMDEC. C'est dans cette partie que je définis le planning, l'équipe pluridisciplinaire dont a besoin l'outil et le processus d'assemblage (via la création d'un flowchart).

La deuxième étape est une analyse de la structure de la ligne. C'est à ce moment-là qu'il faut se poser la question du poste à utiliser et que l'on peut créer le PFD avec toutes les entrées de matières premières et toutes les étapes du processus de fabrication. La structure se divise en trois colonnes :

- Un élément racine qui peut être un produit ou une partie globale d'un processus de fabrication (Ligne CMS, Ligne intermédiaire, Assemblage, Fin de ligne) ;
- Des éléments centraux ou de focus qui sont nos stations dans le cas d'une AMDEC Processus ou nos groupes de composants dans une AMDEC Design du produit ;
- Des éléments de causes qui supportent les causes potentielles au travers d'une analyse 5M (Ishikawa) ou d'un 5W (5 Pourquoi).

La troisième étape est l'analyse fonctionnelle de chaque élément de la structure précédemment créée. Ce sont les fonctions du produit : fonctions contrainte, complémentaire et principale. Le but est de toutes les noter sans tabou lors d'une réunion brainstorming. Une fois que cela est fait, il faut les lier les unes aux autres en utilisant deux questions : Pourquoi ? et Comment ?

La quatrième étape est une analyse de défaillances où l'on vient dégrader les fonctions trouvées dans l'étape juste avant. Il est toutefois possible d'ajouter d'autres défaillances via un brainstorming mais il faut veiller à bien créer des fonctions associées à ces dernières. Une fois que toutes les défaillances sont créées, il faut essayer de les lier entre elles avec les

[10] Vous trouverez un diagramme récapitulatif : IV –Diagramme de méthodologie AMDEC (p. 92).

questions : « Quel est l'effet ? » et « Pourquoi ? » Cela impose que chaque élément ait des défaillances :

- Un élément racine porte des effets internes et externes à la structure (Exemple : une production créant un fort taux de déchets et un produit qui ne fonctionne pas) ;
- Un élément central est lié à un mode de défaillance et donc est le focus de notre attention lors de l'analyse ;
- Des éléments de causes supportent les causes du mode de défaillance et donc explique d'où vient le mode de défaillance et comment le régler. Ces causes peuvent être des retours d'expériences passées ou de nouvelles idées qui viennent par déduction pour les nouveaux processus.

La cinquième étape est celle qui contient la recherche d'actions et la cotation des effets en sévérité (S) et des causes en occurrence (O) et non-détection (D). Du côté des actions, il y a deux grandes familles : les mesures préventives et les mesures de détection. Elles sont le plus souvent liées à des actions déjà menées autre part ou à des chantiers d'amélioration continue. Cependant, elles peuvent aussi être de nouvelles actions choisies ou proposées lors des sessions de création d'AMDEC. Pour ce qui est des cotations, elles sont comprises entre 1 et 10 en fonction des niveaux de sévérité, de risques d'occurrence ou de non-détection. Ces dernières sont choisies en fonction d'un barème fixé par les groupements de clients ou les clients eux-mêmes quand ils sont indépendants. Ces trois cotations permettent, au choix du client, de calculer l'indice de risque avec une multiplication SxOxD ou de trouver les actions prioritaires avec une table de correspondances. Ces deux solutions cohabitent encore malgré une mise à jour des normes AMDEC internationale du secteur automobile, les deux plus grands regroupements de constructeurs internationaux (AIAG et VDA) s'étant mis d'accord sur une grille de cotation et une façon de concevoir l'AMDEC. A l'heure où j'écris ces lignes le basculement est en cours mais n'est pas complétement valide d'où le fait que je vous présente les deux solutions existantes.

La sixième étape est l'optimisation. Son but est de diminuer les cotations des modes de défaillance ayant un indice de risques identifié comme critique ou de priorité haute pour une priorisation d'actions. Pour faire cela, il faut mettre en place de nouvelles actions préventives, de détection ou les deux et coter à la baisse de nouveau les causes concernées par ces actions. Le but est d'améliorer sans cesse le niveau de sécurité et donc de baisser le nombre de mode de défaillance ayant un fort indice de risques ou une priorisation d'actions forte.

Pour finir, la septième étape correspond à l'édition des documents des résultats de l'AMDEC. Elle permet d'avoir une communication autour des risques et des modes de défaillances se trouvant dans l'analyse et de montrer l'état d'avancement aux responsables et aux clients.

C'est en suivant cette méthode que l'on constitue une Analyse des Mode de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités. Cette méthode répond à la norme qualité dédiée au secteur automobile qu'est l'IATF 16949 et aux normes client. Je vais alors détailler les normes qui régissent cet outil.

3.6.2. Normes régissant l'AMDEC

3.6.2.1. Exigences IATF 16949

La norme IATF 16949 complète les principes généraux donnés par l'ISO 9001 pour la constitution d'un système de management par la qualité. Cependant, certaines lignes conductrices régissent des outils qui sont intégrés au logiciel (l'AMDEC et le Plan de surveillance). J'ai donc étudié cette norme pour en noter les exigences. Afin d'être au plus proche du SMQ déjà existant et de répondre à mes questions, j'ai eu plusieurs entrevues avec le responsable qualité système. Ce dernier me suit tout au long de mon projet pour valider la conformité de mes actions et des modifications que j'ai à apporter dans le système. Pour autant, cette norme ne répond pas à la totalité des demandes formulées par nos clients, il est pour cela nécessaire d'étudier les normes clients.

3.6.2.2. Normes clients

Les normes clients sont éditées par des groupements ou des constructeurs indépendants. Il existe de multiples associations comme l'AIAG, le VDA et le SAE. Ces organisations négocient entre elles pour indiquer leurs exigences sur la méthode et le contenu des AMDEC, des plans de surveillance et de tous les documents qu'un équipementier doit fournir pour garantir la qualité de son service et de ses produits pour le client. Depuis quelques années, les équipementiers se rendent compte que ces normes visent à se regrouper. Cela se voit en 2018 quand les deux plus grands groupements, AIAG et VDA, ont exprimé leur volonté de faire une norme commune. Ils ont donc commencé à rédiger cettte nouvelle norme et ont demandé aux équipementiers de s'y conformer à partir du 14 septembre 2018. Cela deviendra le cas avec APIS quand ce dernier sera mis à jour, puisque la publication officielle de cette norme est prévue pour le 3 juin 2019. J'ai pour ma part été formé à la version VDA 2006 et à la norme d'alignement pour assurer la faisabilité de ce projet.

Malgré cette formation, je n'ai pas cessé de me tenir informé de ces évolutions afin de retransmettre les informations les plus récentes possibles aux techniciens en qualité pour éviter qu'ils ne soient perdus quand le logiciel se conformera à cette norme client. J'ai aussi participé en tant qu'auditeur à une présentation proposée par l'AIAG sur internet afin d'être au courant des avancées avant le changement de version du logiciel.

Pour en revenir au contenu de ces normes, le VDA 2006 explique que la création d'une AMDEC s'effectue en sept étapes que j'ai décrites dans la partie décrivant la méthodologie de cette analyse de risques[11]. Le changement de norme ajoute deux nouvelles étapes : une de préparation et une de communication et d'édition des documentations liées à l'AMDEC. Elles font de l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités un véritable projet dans le projet produit. Il faut donc avoir exactement la même approche qu'un projet avec des attentes (inTend), un planning (Timing), une équipe (Team), des Tâches à faire, et des outils à utiliser (Tools). Ces cinq catégories font partie d'un outil nommé le 5T qui, comme

[11] Partie 3.6.1. Qu'est-ce que l'AMDEC dans le secteur automobile ? (p. 31).

l'outil SMART, permet de cadrer un projet. Le 5T est préconisé pour le cadrage de l'AMDEC par les groupements AIAG et VDA.

Suite à l'étude de toutes ces normes, j'ai fait un tableau comparatif[12] entre les normes clients et APIS après avoir suivi la formation du représentant AMDEC de la division électronique de Magneti Marelli.

3.7.Formation AMDEC et APIS reçue pour atteindre un niveau formateur

Afin de pouvoir assurer mon projet au maximum de mes capacités, j'ai fait une demande de formation auprès des ressources humaines Magneti Marelli Châtellerault et de la division dans le but de pouvoir former à mon tour les techniciens en qualité. Pour formaliser cette demande, j'ai présenté le projet à mon responsable de processus avec l'appui de mon tuteur. Ma demande a été validée et la requête officiellement soumise au responsable qualité divisionnaire. Une fois cette procédure effectuée, j'ai contacté, avec l'aide de mon tuteur, le coordinateur AMDEC divisionnaire originaire de Stuttgart, en Allemagne. Suite à plusieurs échanges, nous nous sommes mis d'accord sur une formation de trois jours au mois d'octobre, plus précisément du 16 au 18 octobre. Cette session est divisée en trois parties :

- la première parle de la méthodologie de création et de maintien d'une AMDEC,
- la deuxième traite plus en détail d'APIS et de l'adéquation entre le logiciel et la méthodologie,
- la dernière vise à expliquer la place de l'AMDEC au sein d'un ensemble :

  Flowchart > AMDEC Processus > Plan de contrôle

Mais aussi la constitution de chacun de ces outils dans APIS.

Chacune des sections a fait l'objet d'une journée complète de formation et de beaucoup d'échanges constructifs. Tout ce processus m'a permis de prendre des notes et de comprendre comment fonctionne, dans les faits, une AMDEC Processus dans le secteur automobile et d'avoir un premier aperçu d'APIS.

[12] Pour voir ce tableau, allez à l'annexe XX – Tableau de comparaison des normes (p. 97)

Une fois cette formation terminée, je prends du temps pour mettre en pratique les acquis en participant à des réunions d'AMDEC en présence du technicien qualité associé au produit à assembler. Cela m'amène à décrire la façon dont cette période s'est écoulée.

3.8.Entraînement et réunion AMDEC

Pour m'entraîner à l'utilisation d'APIS, j'ai effectué plusieurs réunions AMDEC sur divers types de produits : un afficheur, un infodivertissement et un lighting. L'idée est de comprendre les différents types de défauts en fonction du produit que la réunion analyse. J'ai animé les réunions de la manière suivante : je commence par un rappel des attendus de l'AMDEC suivi d'un rappel de l'ordre du jour et le travail sur le support commence en suivant la méthodologie décrite dans la partie traitant de l'AMDEC dans le secteur automobile[13]. Ci-après, je vous présente comment je constitue une AMDEC avec APIS au travers d'un exemple simple et réel, l'assemblage d'un display sur un processus manuel. Ce modèle est la première AMDEC que j'ai faite en réunion avec l'appui d'un technicien qualité.

3.8.1. Cadrage de l'AMDEC

Pour faire mon cadrage d'AMDEC, j'utilise l'outil 5T. Ensuite, je remplis la partie gestion du logiciel avec les membres de l'équipe via la liste « Equipes et collaborateurs ».

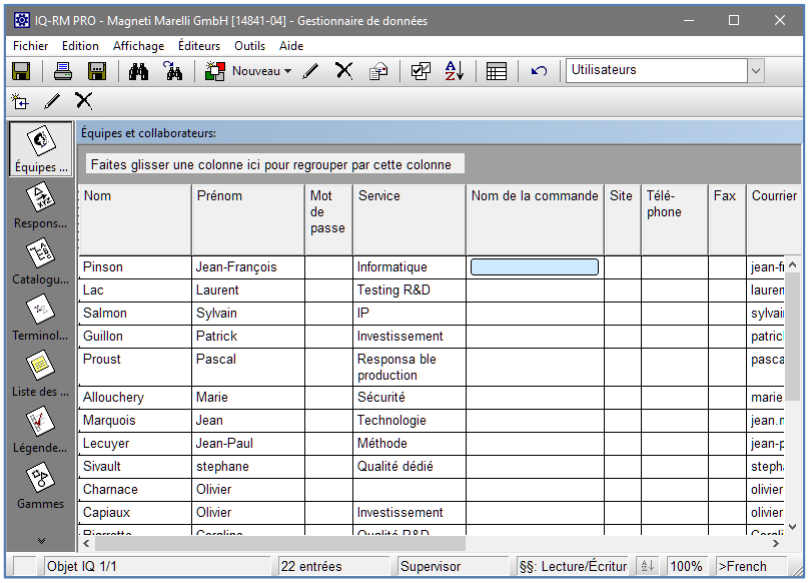


Figure 12 - Exemple de la liste des collaborateurs dans APIS

[13] Partie 3.6.1. Qu'est-ce que l'AMDEC dans le secteur automobile ? (p. 31).

Cette liste m'a permis d'affecter les responsables de chaque action lors de la phase d'optimisation. Une fois cette manipulation faite, je passe à l'analyse structurelle.

3.8.2. Analyse structurelle

L'analyse de la structure de l'AMDEC est une étape très simple à faire quand on suit la méthodologie puisqu'il faut créer un élément racine qui est à la base de toute l'analyse. Ensuite, il faut récupérer le diagramme de flux de processus auprès de l'ingénieur process afin de créer les éléments de focus qui portent le nom du type de processus et celui d'une machine. Pour finir la structure, il reste à ajouter les causes principales du 5M à chaque élément central.

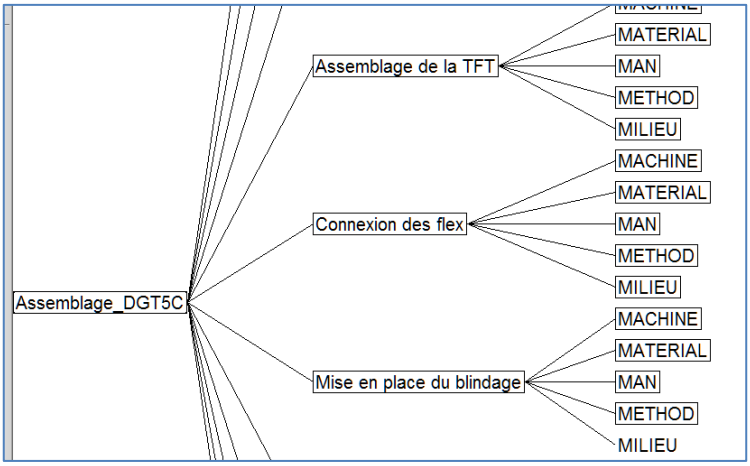


Figure 13 - Extraction de la structure d'une AMDEC sous APIS

Cette structure terminée, c'est-à-dire constituée des trois niveaux, je peux passer à l'approche fonctionnelle de chacun des éléments.

3.8.3. Analyse fonctionnelle

Cette étape est divisée en deux grandes parties :

- La première est l'import des fonctions du produit sur l'élément racine. Ces informations sont produites par le centre de R&D. De ce fait, il est important de convier des collaborateurs du bureau d'études à la première réunion d'AMDEC. Ces invitations ont été faites et suivies pour les produits qui sont à la fois étudiés et fabriqués à Châtellerault. Pour les autres produits, un

formulaire de prises d'informations existe et est utilisé pour permettre le relais d'informations entre les deux analyses de risques.

- Le deuxième point est l'ajout des fonctions qui sont présentes sur le poste ou qui doivent être faites par l'étape du processus. Il faut aussi en déployer pour chacune des causes principales. Pour faire ceci, je me pose plusieurs questions :
    - Quels sont les attendus à la fin de l'étape ?
    - Quelles sont les actions de chacune des causes principales sur mon étape de processus ?

Cela me permet d'ajouter les fonctions à chaque étape de mon processus et à chaque M de mon Ishikawa. Cela me donne :

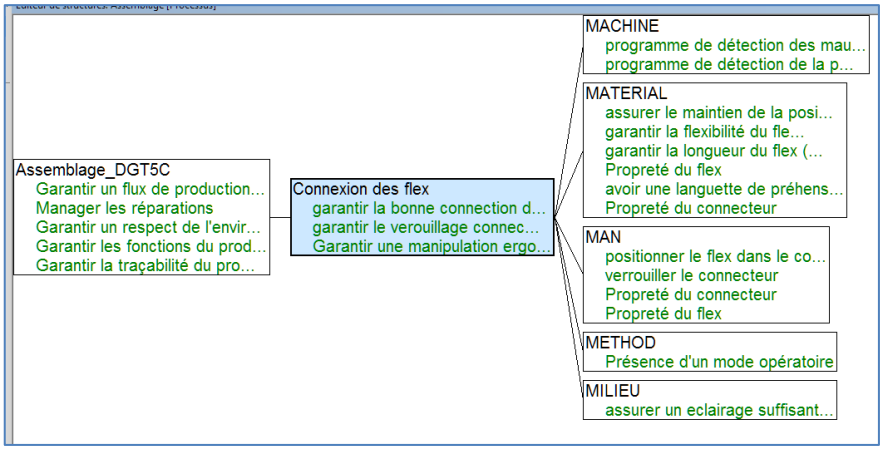


Figure 14 - Structure avec fonctions sous APIS

J'insère toutes les fonctions qui viennent pendant les réunions dans un premier temps sans les trier. Par la suite, l'équipe qui est présente en réunion AMDEC fait un nettoyage des doublons et des fonctions qui ne vont pas exister. Je passe maintenant à la partie implantation de défaillances.

3.8.4. Implantation des défaillances

Pour les défaillances, je dégrade les fonctions créées à l'étape précédente. Cette manière de faire empêche d'en oublier ce qui est important lors d'une AMDEC processus. Cette volonté de précision permet de modifier des paramètres du processus d'assemblage avec des coûts réduits car l'initialisation de cet outil intervient dans une phase de prototype d'un produit.

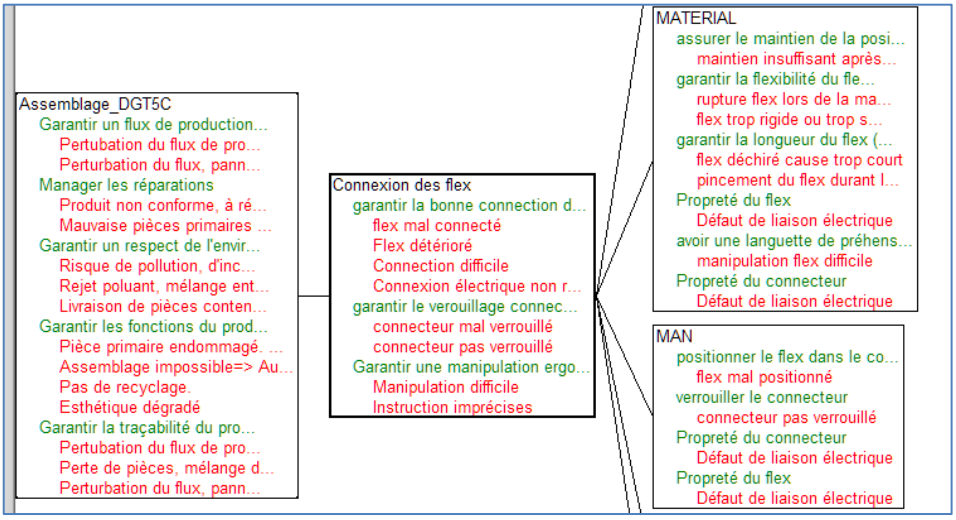


Figure 15 - Structure complète avec APIS

Je dégrade et ajoute des fonctions au cours de chaque réunion de constitution afin d'avoir un maximum de défaillances sur chaque étape processus. Immédiatement après cette tâche, je connecte les trois types de défaillances de la manière suivante :

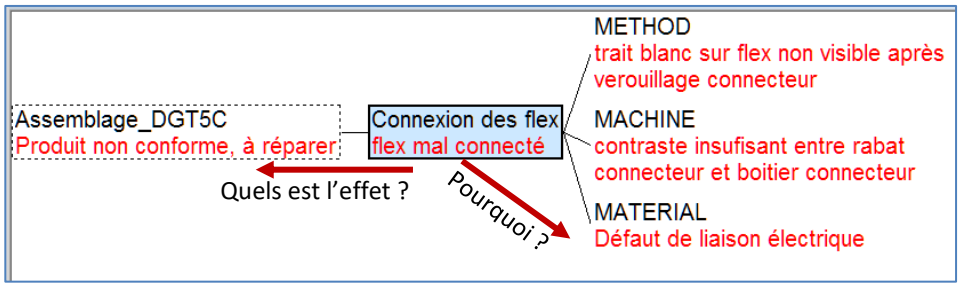


Figure 16 - Exemple d'un réseau de défaillance sous APIS

Je connecte tous les modes de défaillances contenus dans les éléments de focus à des effets (à gauche) et à des causes (à droite) en me posant les deux questions venant de la méthodologie. Cela fait, je m'intéresse aux actions déjà mises en place ou à implanter pour limiter ou éviter le défaut.

3.8.5. Analyses des actions et optimisation

Cette étape est un assemblage de trois grandes parties :

- **Partie d'analyses des actions en place :** Dans cette dernière, je m'intéresse aux actions capitalisées ou qui sont déjà prises en compte avant la création de l'AMDEC. Cela permet de faire un état des lieux avant de commencer à optimiser. Sous APIS, cette première vision se nomme « État initial » et peut contenir des mesures préventives agissant sur l'occurrence et des mesures de détection.

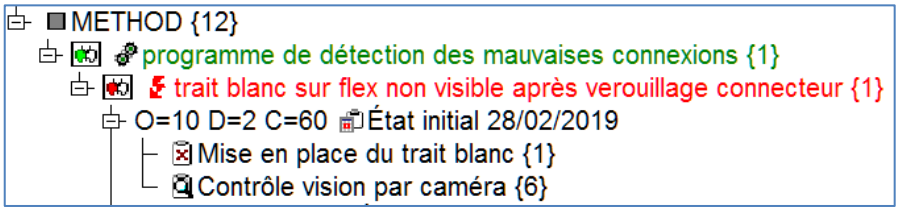


Figure 17 - Exemple d'un État initial sous APIS

Dans l'état initial présenté en visuel, il n'y a pas d'action en préventif mais une actions en détection qui est un contrôle vision par caméra.

- **Première cotation :** C'est à ce moment-là que je mets les cotations de Gravité (S), Occurrence (O) et Détection (D) sur chaque état initial. Les cotes S, O et D suivent des tables fournies par la norme client choisie. Dans l'exemple du dernier visuel, on retrouve une occurrence à dix (Défaut systématique) et une détection à deux (Très faible probabilité de non détection). Pour la cotation S, je la fais sur l'effet, qui se trouve sur l'élément racine, dès son inscription sur le logiciel et elle est indépendante du processus. Le calcul du SxOxD est automatique dès que le lien entre les trois valeurs est fait.

- **Optimisation :** En fonction du besoin, l'équipe décide de la mise en place d'un état de révision avec de nouvelles actions afin de faire baisser les cotations précédentes et de garantir un meilleur fonctionnement du processus. Pour chaque action d'optimisation, un responsable est nommé et un délai est fixé.

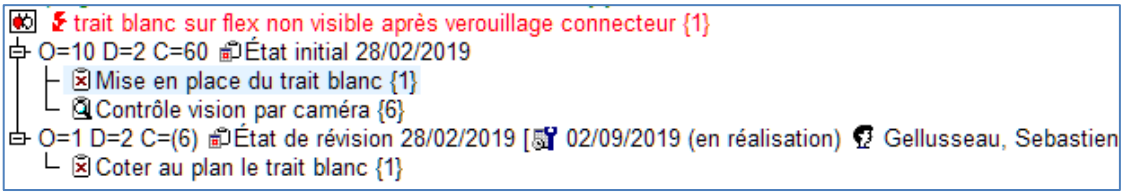


Figure 18 - Exemple État de révision

Dans mon cas, j'ai ajouté une action. La mise en place de cette dernière a permis une baisse de la cote d'occurrence de neuf points. Une fois l'AMDEC terminée, je demande au logiciel APIS de créer un support tabulaire[14] de cet outil. Le plan d'actions est un des livrables de l'AMDEC. APIS le génère de façon automatique en utilisant une des visions fournies par le logiciel. Ce module est appelé Plan de Délais[15]. J'ai utilisé cette vision pour suivre les avancements des actions.

Après quelques semaines de manipulation qui suivent ce que j'ai présenté juste avant, mon niveau de compréhension du logiciel s'est amélioré. J'ai aussi appris à optimiser mon temps lors des différentes réunions que j'ai animées. Ces améliorations m'ont permis d'écrire la première version du livret de formation.

[14] Pour aller voir un exemple de support tabulaire d'AMDEC, consulter l'annexe VII : Support AMDEC venant d'APIS (p.95).
[15] Pour aller consulter un exemple de plan de délais, consulter l'annexe VIII : Plan de Délais (p.96).

4. Déploiement de la solution

4.1.Ecriture du livret de formation et son suivi

La première écriture du manuel de formation est la concrétisation de la stratégie de formation. L'idée de cette partie est de vous montrer les choix que j'ai faits pour produire cette première rédaction, les décisions que j'ai prises pour mettre en place cette approche et comment j'en ai assuré le suivi.

4.1.1. Choix du découpage de la formation

Stratégiquement, j'ai décidé de découper la formation en sept étapes permettant de simplifier l'approche et l'assimilation des connaissances :

- **Une présentation globale :** Elle permet d'expliquer succinctement la méthodologie et l'interface d'APIS. Le but est de rester en surface au sujet du logiciel et de creuser un peu plus au niveau de la méthode.
- **Une partie zéro :** Elle traite de la préparation d'une AMDEC. Elle explique comment cadrer le projet sur le plan de l'équipe, le planning et la norme utilisée mais aussi comment l'on fait cela sous APIS. J'y ai ajouté des outils simples tels que le 5T ou le SMART et décrit les méthodes permettant de changer la langue du document.
- **La première partie :** C'est la partie d'analyse structurelle. J'explique comment, étape par étape, créer un arbre de recherche d'effet et de cause. Cela se divise en trois éléments :
    - L'élément racine (Produit / Processus) est celui duquel tout part. Dans APIS, il est considéré comme étant le support de la structure complète mais aussi celui du type d'AMDEC (Système, Produit, Processus ou Machine) ;
    - L'élément de focus est tout simplement une étape de fabrication ;
    - L'élément de cause qui peut être : Main d'œuvre, Moyens, Matière, Méthodes, Milieu. Cette structure en 5M permet d'aller chercher des causes dans le troisième module de ce livret.

- **La deuxième partie :** Elle traite de la partie fonctionnelle c'est-à-dire qu'elle indique que les caractéristiques techniques fonctionnelles du produit doivent toutes apparaître et être utilisées tel que demandé par la norme IATF 16949. J'explique qu'il faut ensuite adopter une approche d'analyse fonctionnelle sur chaque station puis sur chacun des 5M. Cela permet de suivre toutes les opérations faites sur chaque poste et par chaque cause principale. Je finis ce module en expliquant comment les fonctions de chaque niveau sont connectées entre elles.
- **La troisième partie :** C'est l'analyse des défaillances. Je donne comme indication qu'il suffit de prendre chacune des fonctions et de la dégrader afin d'obtenir l'ensemble des défauts possibles. Je montre qu'après avoir fini de dégrader chaque fonction, il faut ensuite les connecter pour former un réseau en utilisant les questions données lorsque j'ai décrit la méthodologie[16]. Ainsi fait, un effet est connecté à plusieurs modes de défaillances. Ces derniers sont eux-mêmes connectés à plusieurs causes.
- **La quatrième partie :** Cet avant-dernier module contient l'analyse des actions en place, les cotations et l'optimisation. C'est à ce moment-là que j'informe le participant sur la nécessité de faire un état des lieux qui permet de voir si des actions sont déjà en place sur des étapes de fabrication que l'on connaît déjà. Cette analyse faite, je montre au participant comment créer un état initial et comment le coter. Par la suite, il faut proposer des actions proactives, quand on ne connaît pas le moyen en projetant un défaut inconnu, ou des mesures préventives, quand on a déjà eu le moyen de production au sein de l'usine. Ces ajouts sont aussi expliqués dans ce module au travers d'impression d'écran du logiciel et de développements simples.
- **La dernière partie :** C'est une FAQ qui répond à toutes les questions des techniciens en qualité au cours de la formation.

[16] Partie 3.6.1. Qu'est-ce que l'AMDEC dans le secteur automobile ? (p. 31).

La méthodologie générale de l'AMDEC telle qu'expliquée plus haut se retrouve en substance. Pour chaque partie, je propose une à deux heures de formation. Pour valider ce découpage, j'ai convoqué une réunion d'équipe projet avec certains acteurs externes : le responsable division AMDEC et le référent RH/WCM. Il y a eu quelques réglages à faire sur le nombre d'heure à allouer. Le découpage proposé a été validé et le nombre d'heure a été fixé à 10 heures de formation au global. Cette étape effectuée, il est nécessaire de faire des choix pour les exemples présents dans le livret de formation.

4.1.2. Choix du produit d'illustration de la formation

Mon objectif étant que la formation soit au plus proche du terrain pour éviter un des risques du SWOT projet[17], j'ai décidé de prendre un exemple concret. Pour cela, j'ai demandé à mon tuteur et au technicien en qualité du produit en question si l'on pouvait utiliser l'analyse de risques de l'AIDA. Ce dernier est un produit en cours d'industrialisation. Sa phase série est prévue pour l'année 2020. De plus, ce produit comporte une partie très intéressante sur le plan de l'AMDEC puisqu'il vient implanter sur le site de Châtellerault un nouveau processus de dissipation de chaleur des composants : le Liquid-Pad. Je m'attarderai sur ce composant pour faire une étude thermique dans une partie de dimensionnement[18].

L'AMDEC AIDA est une des analyses de risques les plus avancées et complètes de l'usine étant donné qu'elle comprend l'intégralité du processus de fabrication du produit, c'est-à-dire la partie montage des composants (CMS), la partie assemblage et toute la fin de ligne de production, donc les tests. J'ai fait un schéma macroscopique de la ligne de production que vous trouverez ci-dessous :



Cette vision permet d'expliciter le processus de fabrication de l'AIDA qui se fait en trois grandes parties :

[17] Vous retrouverez la matrice SWOT dans la partie 2.4. Analyse de risques (p. 17).
[18] Vous retrouvez cette partie dans la partie : 4.1.3. Dimensionnement de l'épaisseur du Liquid Pad nécessaire (p. 46).

- **La ligne CMS :** Cette première partie a pour objectif de braser des composants électroniques, montés en surface ou non, sur une carte où un circuit électrique est imprimé. Durant ce processus, on vérifie la conformité électrique des cartes câblées par des inspections optiques automatisées.
- **L'Assemblage du produit :** Elle a pour but de mettre la carte électronique dans son boîtier final. Cette partie du processus est la plus intéressante sur le plan de l'AMDEC puisqu'elle est génératrice ou révélatrice de beaucoup de défauts. Elle contient aussi le processus Liquid Pad qui est un point important de ce processus d'assemblage. Le but est de garantir une dissipation thermique optimale et une température dans les tolérances du composant qu'il protège.
- **La fin de ligne :** Cette dernière étape est constituée de l'ensemble des contrôles fonctionnels permettant de garantir la qualité globale du produit. Elle comprend aussi l'emballage des pièces avant l'envoi au client.

J'ai participé à plusieurs réunions de travail sur cette AMDEC. Lors d'une de ces dernières, il m'a été demandé de me mettre en contact avec un technologue d'application pour confirmer les paramètres définis par la R&D du point critique de cette ligne. Ces paramètres sont liés à la température du composant et à la définition du système de déperditions de température à mettre en place pour son bon fonctionnement.

4.1.3. Dimensionnement de l'épaisseur de Liquid Pad nécessaire

Avec son aide, j'ai récupéré toutes les informations qui me permettent de calculer l'épaisseur de pâte thermique qu'il faut pour avoir une déperdition de température optimale. Comme dit plus haut, la pâte permet de protéger le composant vis-à-vis de la surchauffe. Je vous livre ici une description du système.

Il s'agit d'un empilement de plusieurs couches de matériaux et de dispositifs de déperdition de température. Cette pile est constituée de l'époxy de la carte électronique, du composant qui est aussi la source de chaleur, d'une couche de pâte thermique et d'un radiateur.

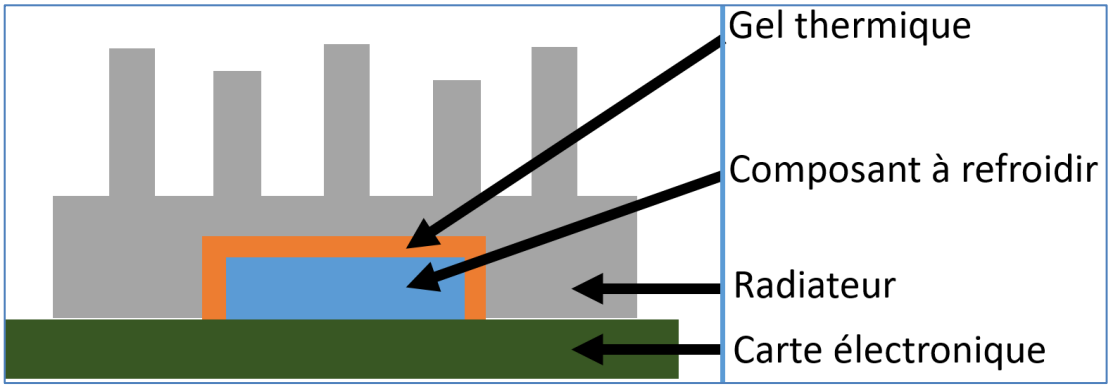


Figure 19 - Schéma de coupe du composant à refroidir

Tout d'abord, je reviens sur le processus de dépose de la pâte thermique. Cette dernière est un mélange homogène de deux composants : le premier permettant la dissipation thermique et le second l'adhésion du dissipateur sur le composant chauffant. Pour que les conditions optimales soit réunies, il faut que les deux liquides soient mélangés à proportion égale, fixée par les ingénieurs du centre R&D, afin de garantir la bonne tenue et la bonne transition thermique.

Afin de respecter ces doses, nous avons décidé d'asservir le système en volume. Cet asservissement est directement intégré à la conception mécanique des chambres de dosage. Le système est constitué de cinq parties : deux seringues de produit, deux doseurs et une aiguille de dépose qui a une fonction de mélange.

L'idée est d'appliquer une pression constante sur les seringues pour pousser les composants dans des chambres d'un volume donné qui se ferment une fois complétées, ce sont les doseurs. Une fois le dosage effectué, un vérin compresse de façon équitable les deux doseurs pour envoyer les composants dans une aiguille qui comporte un mélangeur intégré.

Pour mieux visualiser le processus, j'ai fait un schéma de principe :

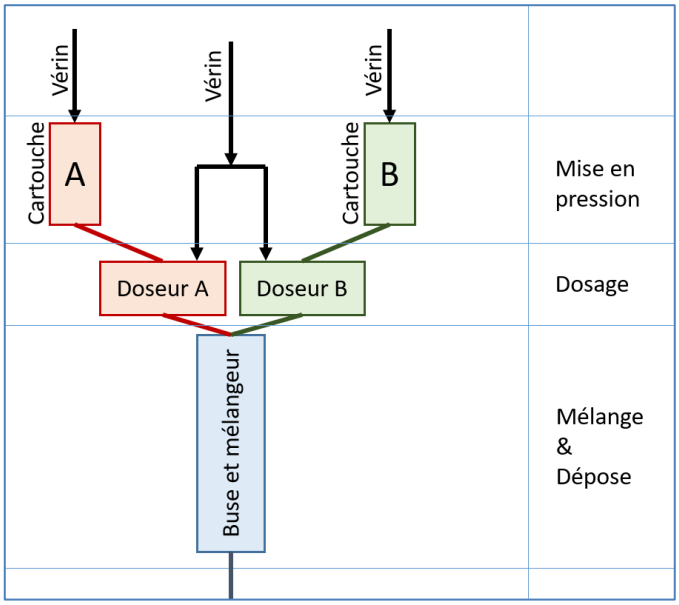


Figure 20 - Schéma simplifié du système de dépose

Pour dimensionner les chambres, il suffit de définir le volume global qu'il faut diviser par deux. Pour calculer ce paramètre, il faut récupérer la taille de la surface de dépose et l'épaisseur de la couche de Liquid Pad que l'on détermine à partir des données techniques du mélange de composants chimiques. À des fins de secrets industriels, je vais prendre les spécifications techniques d'une pâte thermique du commerce pour vous illustrer la démarche scientifique adoptée et les calculs que j'ai été amené à faire. La spécification technique utilisée est une conductivité thermique fixée à 2 $W.K^{-1}.m^{-1}$.

Tout d'abord, je simplifie le système de refroidissement en le modélisant sous la forme de quatre couches empilées distinctes : une couche de pâte thermique, une couche d'acier et une couche contenant une part d'acier et une part d'air que l'on considère comme une fine couche d'acier et une interface avec l'air d'une surface calculée bien plus grande que le composant. Il ne faut pas oublier la dernière couche qui est considérée comme infinie : l'air environnant.

Voici la modélisation du système une fois simplifié en couche par couche :

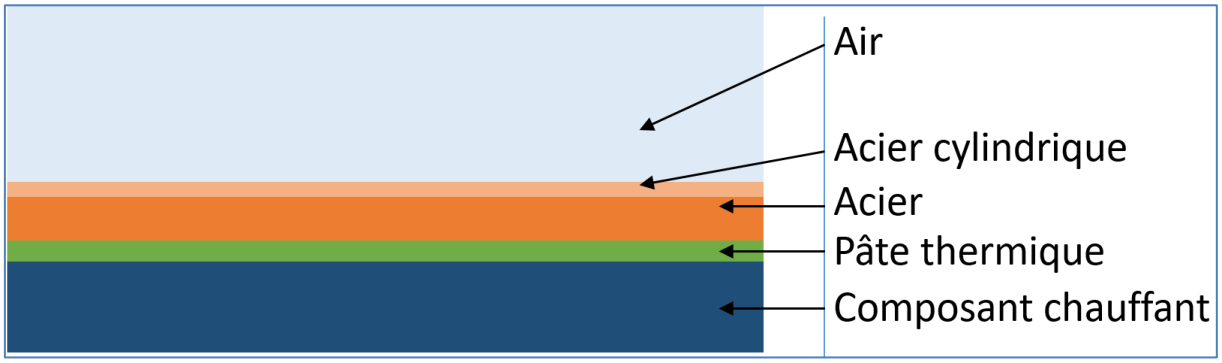


Figure 21 - Modélisation couche par couche du système

Une fois, cette modélisation intégrée et comprise, je cherche les coefficients de conduction manquants, celui de l'air et de l'acier, mais aussi le coefficient de convection de l'air. Voici les résultats que j'ai retrouvés sur plusieurs sites internet et dans des ouvrages[19] :

- λ (acier) = 60 $W.K^{-1}.m^{-1}$ (conductivité thermique donnée par le technologue);
- λ (air) = 0,262 $W.K^{-1}.m^{-1}$;
- H (air) = 5 $W.K^{-1}.m^{-2}$.

Avant de commencer, il faut évaluer la surface du radiateur en contact avec l'air. J'ai reçu, de la part de l'ingénieur process, les paramètres pouvant m'aider pour mes calculs également la hauteur et le diamètre des cylindres de déperditions ainsi que leur nombre. Il m'a également fourni les dimensions de la zone de contact entre le radiateur et le composant à refroidir qui est simplifié à un carré de trois centimètres de côtés.

- Hauteur (h) : 20 mm ;
- Diamètre (d) : 2 mm ;
- Nombre (n) : 9 ;
- Côté du composant (L) : 30 mm.

[19] POMPERO C. et GUERET C. *Conductivité thermique des matériaux*, Marne-la-Vallée, France, 2000.
PEREZ J.P., *Thermodynamique, fondements et applications,* Toulouse, France : Édition Masson, 1997
CHERON B., *Transferts Thermiques*, Paris, France : Édition Ellipses, 1999
LELEU R., *Transferts de chaleur*, Paris, France : Éditions techniques de l'ingénieur, 1992
SACADURA J. F., *Initiation aux transferts thermiques*, Paris, France : Lavoisier, 1993

Avec ces données, je calcule la surface d'un cylindre :

$$S_{cylindre} = 2\pi\left(\frac{d}{2}\right) \times h + 2\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Pour le faire, je fais la somme de la surface du tube et d'un des deux disques.

$$S_{cylindre} = \pi . d . h + \frac{\pi}{2} . d^2$$

Je simplifie une première fois.

$$S_{cylindre} = \pi . d \left(h + \frac{d}{2}\right)$$

Je factorise une seconde fois pour obtenir une formule que j'utilise en application numérique.

Application numérique :

$$S_{cylindre} = \pi . 0{,}002 \left(0{,}02 + \frac{0{,}002}{2}\right)$$

$$S_{cylindre} = 1{,}3195 . 10^{-4}\ m^2$$

Une fois cette surface calculée, je peux l'ajouter à la surface totale du composant de laquelle je soustrais les surfaces prises par le support des cylindres de déperdition.

$$S_{radiateur} = S_{composant} + n . S_{cylindre} - 2\pi . n \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

J'écris l'équation macro. La surface composant est une simple multiplication des côtés du composant.

$$S_{radiateur} = L^2 + n . S_{cylindre} - 2\pi . n \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

J'implante les données littérales.

$$S_{radiateur} = L^2 + n \left(S_{cylindre} - 2\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right)$$

Je factorise par n et ensuite je passe à l'application numérique

Application numérique :

$$S_{radiateur} = 0{,}03^2 + 9 \left(0{,}00013195 - 2\pi \left(\frac{0{,}002}{2}\right)^2\right)$$

$$S_{radiateur} = 9 . 10^{-4} + 1{,}1310 . 10^{-3}$$

$$S_{radiateur} = 2{,}031 . 10^{-3}\ m^2$$

Il me faut encore déterminer la quantité d'acier présente dans le radiateur. Pour cela, je calcule le volume d'un cylindre de déperditions présent dans le radiateur et en déduis une épaisseur théorique me permettant de simplifier ma modélisation couche par couche.

$$V_{cylindre} = 2\pi . h. \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$V_{acier} = 2\pi . n. h. \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Je rappelle la formule pour calculer le volume d'un cylindre.

Il suffit de multiplier le volume d'un cylindre par le nombre de ces derniers pour obtenir le volume d'acier.

$$e_{acier-radiateur} = \frac{2\pi . n. h. \left(\frac{d}{2}\right)^2}{S_{composant}}$$

Tout diviser par la surface du composant permet d'arriver à une épaisseur théorique. Ensuite, je passe à l'application numérique.

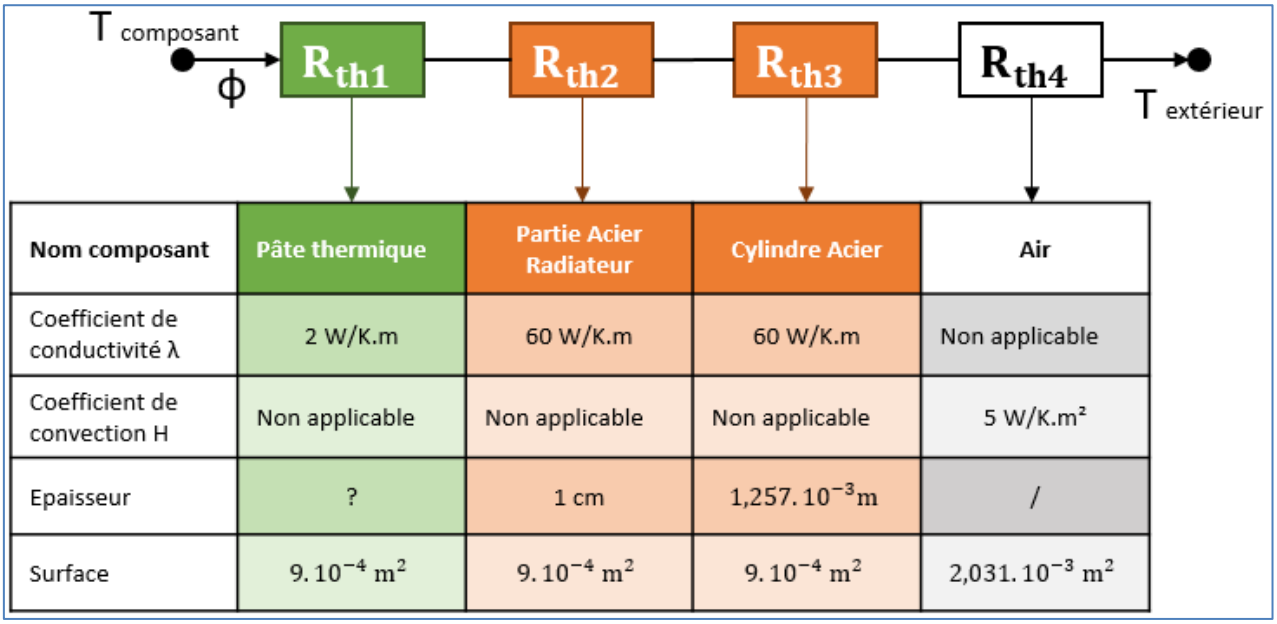
<u>Application numérique :</u>

$$e_{acier-radiateur} = \frac{2\pi \times 9 \times 0{,}02 \left(\frac{0.002}{2}\right)^2}{9.10^{-4}}$$

$$e_{acier-radiateur} = 1{,}257.10^{-3}\ m$$

L'épaisseur du radiateur est de 1,3 millimètre.

Après ces calculs préparatoires, j'ai tout répertorié dans un tableau se trouvant avec le schéma équivalent. En voici le visuel :



Nom composant	Pâte thermique	Partie Acier Radiateur	Cylindre Acier	Air
Coefficient de conductivité λ	2 W/K.m	60 W/K.m	60 W/K.m	Non applicable
Coefficient de convection H	Non applicable	Non applicable	Non applicable	5 W/K.m²
Epaisseur	?	1 cm	$1{,}257.10^{-3}$m	/
Surface	9.10^{-4} m²	9.10^{-4} m²	9.10^{-4} m²	$2{,}031.10^{-3}$ m²

Figure 22 - Schéma équivalent et tableau des données d'entrées

La représentation équivalente ressemble beaucoup à un schéma électrique, ce qui est normal puisque les relations restent les mêmes, aux grandeurs près. L'intensité de courant, en ampère, devient le flux thermique et les tensions deviennent des températures. Cependant, l'expression de chacune des résistances dépend du type de transmission thermique. Il en existe trois types :

- **La conduction** : c'est la transmission de chaleur par contact à l'intérieur d'un matériau ou entre des matériaux.
- **La convection** : c'est la transmission de chaleur par le mouvement d'un fluide. Elle résulte des mouvements d'un fluide causés par des différences de masse volumique et de température.
- **Le rayonnement** : c'est la transmission de chaleur sans contact entre deux corps grâce à des ondes électromagnétiques.

Le calcul de résistance dépend de son type de transmission comme montré dans le tableau suivant :

Conduction	Convection	Rayonnement
$\frac{e_n}{S.\lambda_n}$	$\frac{1}{S.h_n}$	Non défini

Le cas étudié ne comprend que trois résistances thermiques[20] de conduction et une de convection. Les valeurs d'une résistance thermique de rayonnement ne dépendent pas d'une formule et sont répertoriées dans des abaques. Cependant, je ne parle pas de rayonnement puisque toutes les surfaces sont en contact entre elles ou en contact avec un fluide, ici l'air.

Il reste maintenant à faire les simplifications d'usage en utilisant des règles de combinaison de résistances électroniques : il suffit de faire la somme des impédances thermiques puisque toutes nos résistances thermiques sont en série. Cela donne :

$$\phi \times \sum R_{th\,n} = |T_{composant} - T_{extérieur}|$$

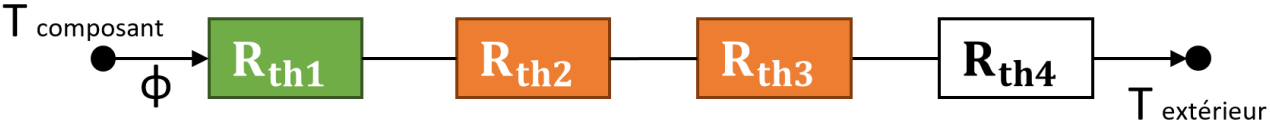


Figure 23 - Schéma équivalent simple

$$\left(\frac{e_1}{S_{composant} \times \lambda_1} + \frac{e_2}{S_{composant} \times \lambda_2} + \frac{e_3}{S_{composant} \times \lambda_3} + \frac{1}{S_{radiateur} \times h_4}\right)\phi = |T_{composant} - T_{extérieur}|$$

Après plusieurs essais faits en collaboration avec le service R&D, nous avons évalué le flux thermique optimal à environ 0,71W, à plus ou moins 1% de marge d'erreur pour une température du composant à 90°C et une température extérieure à 20°C.

[20] Nous nous intéressons uniquement aux composants de la carte électronique et à cette dernière nue. Dans le boîtier, il faudrait ajouter une quatrième résistance thermique qui aurait pour transfert thermique du rayonnement.

La température extérieure au système de refroidissement est contrôlée par un renouvellement d'air continu assuré par plusieurs ventilateurs sur le produit final. Une température constante est donc maintenue à l'intérieur du produit.

Il faut maintenant extraire de l'équation précédente l'épaisseur de pâte thermique recherchée de la formule mathématique précédente.

$$\frac{e_1}{S_{composant} \times \lambda_1} + \frac{e_2}{S_{composant} \times \lambda_2} + \frac{e_3}{S_{composant} \times \lambda_3} + \frac{1}{S_{radiateur} \times h_4} = \frac{|T_{composant} - T_{extérieur}|}{\phi}$$

$$\frac{e_1}{S_{composant} \times \lambda_1} = \frac{|T_{composant} - T_{extérieur}|}{\phi} - \frac{e_2}{S_{composant} \times \lambda_2} - \frac{e_3}{S_{composant} \times \lambda_3} - \frac{1}{S_{radiateur} \times h_4}$$

Or : $\lambda_2 = \lambda_3$. Je simplifie deux termes de la différence :

$$\frac{e_1}{S_{composant} \times \lambda_1} = \frac{|T_{composant} - T_{extérieur}|}{\phi} - \frac{e_2 + e_3}{S_{composant} \times \lambda_{2/3}} - \frac{1}{S_{radiateur} \times h_4}$$

Je bascule le numérateur $S_{composant} \times \lambda_1$ de l'autre côté du signe « = ».

$$e_1 = \left(\frac{|T_{composant} - T_{extérieur}|}{\phi} - \frac{e_2 + e_3}{S_{composant} \times \lambda_{2/3}} - \frac{1}{S_{radiateur} \times h_4}\right) \times S_{composant} \times \lambda_1$$

e_1 est isolé d'un côté du signe de comparaison. Je passe donc à l'application numérique.

<u>Application numérique :</u>

$$e_1 = \left(\frac{|90 - 20|}{0{,}71} - \frac{0{,}01 + 1{,}257.10^{-3}}{9.10^{-4} \times 60} - \frac{1}{2{,}031.10^{-3} \times 5}\right) \times 9.10^{-4} \times 2$$

$$e_1 = 1{,}37.10^{-4}\text{m}$$

Pour atteindre la température demandée, l'épaisseur de pâte thermique doit être égale à 137 µm.

Afin de comprendre au mieux la déperdition thermique au travers des couches, j'ai fait un diagramme de transferts thermiques ci-après avec toutes les données précédemment fixées ou trouvées.

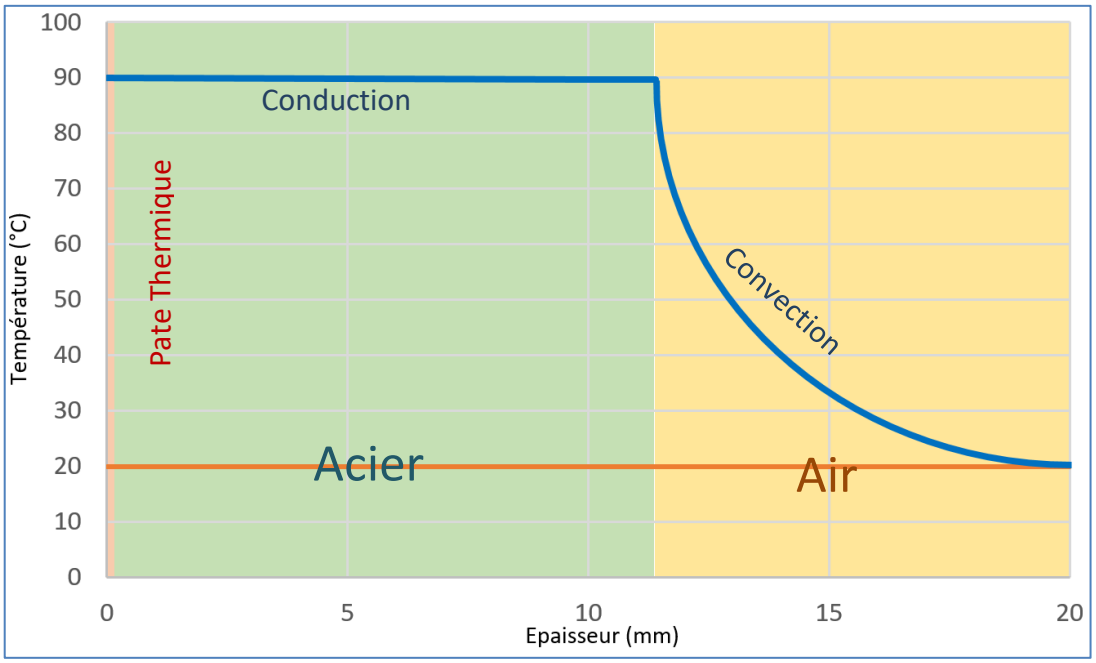


Figure 24 - Diagramme de déperditions thermiques

Je remarque que la plupart de la déperdition se fait lors de la convection. C'est le but de ce système de refroidissement. Cependant, l'épaisseur calculée juste avant n'est pas suffisante pour devenir une caractéristique du processus.

Pour rappel, le système de dépose est asservi mécaniquement en volume pour déposer la bonne quantité de pâte thermique qui, une fois compressée entre le composant et le radiateur, garantit d'avoir au moins l'épaisseur définie lors de ce dimensionnement. Pour récupérer ce volume, il suffit d'utiliser la formule d'un pavé droit soit :

$$V_{\text{pâte thermique}} = e_1 \times S_{\text{composant}}$$

Je rappelle la formule du volume d'un pavé droit soit la surface de la base multipliée par la hauteur du pavé.

Ayant les paramètres chiffrés, je passe à l'application numérique.

$V_{\text{pâte thermique}} = 1{,}37.10^{-4} \times 9.10^{-4}$

$$V_{\text{pâte thermique}} = 1{,}23.10^{-7} m^3$$

Il faut que le système dépose un mélange comprenant au minimum 0,06 mL de chaque composant afin d'assurer la bonne transmission de température. Le non-respect de ces épaisseurs peut engendrer différents types de problèmes électroniques :

- **Absence/manque de pâte ou non présence du radiateur :** Ces absences peuvent engendrer une fusion du composant car la convection est trop proche du composant par la présence d'air en contact avec ce dernier. Cet air prend deux aspects : le premier est sous forme de cellule d'air au milieu de la surface de contact entre le radiateur et le composant dans le cas d'un manque ou d'une absence de pâte thermique. Le second n'a pas vraiment de forme puisque c'est le cas où le composant est directement en contact avec l'air.
- **Trop de pâte thermique :** Nous observons aussi une augmentation de la température due à la hausse de la résistance thermique liée à la pâte en elle-même.

Cependant, il n'existe aucun doseur pour mettre le volume recommandé. Afin de l'atteindre, il faut travailler sur les temps et les pressions à mettre sur les deux chambres intermédiaires. Ce travail est effectué par les technologues d'application qui calculent et mettent en place les programmes de production.

Ce procédé de dépose de pâte thermique existe dans d'autres sites Magneti Marelli. Je pense particulièrement au site de Kechnec, en Slovaquie, qui utilise une technologie similaire sur un produit d'infodivertissement et que j'ai pu voir lors de ma mission étrangère. La seule différence porte sur le nombre de composants constituant la pâte thermique. Sur cette ligne du site slovaque, le seul paramètre est le temps de dépose pour déterminer la dose déposée. Du côté châtelleraudais, les technologues d'application ont fait des essais à partir de mes calculs qui se sont révélés plutôt concluants même si le produit est fermé et que la ventilation est suffisante.

Tous les résultats calculés précédemment servent de caractéristiques processus pour la création d'un document découlant de l'AMDEC processus : le plan de contrôle. Ils sont aussi utiles au technicien ligne qui a pour but de faire une AMDEC moyen. Une fois ces calculs faits, j'ai pu organiser les modules de formation pour former les techniciens en qualité au logiciel.

4.1.4. Organisation de l'écriture du livret de formation

L'écriture du livret de formation a été planifiée et faite en trois grandes sessions en suivant une roue de Deming (Planification / Développer / Contrôler / Ajuster) afin de perpétuellement en améliorer la qualité. La première mouture a été écrite entre ma formation avec le responsable AMDEC divisionnaire et début janvier. L'idée est d'écrire un livret qui allie théorie et pratique. Il faut aussi qu'il soit utilisé comme un guide pratique pour soutenir les techniciens lors des réunions de constitution et d'amélioration de leurs AMDEC respectives.

Pour respecter toutes ces contraintes, je n'ai pas hésité à demander de l'aide autour de moi, à la fois dans l'usine et auprès de mes professeurs. Tous m'ont peu ou prou donné les mêmes informations, c'est-à-dire à chaque partie de la formation faire un point bref sur la méthodologie de l'AMDEC et ensuite partir sur son application dans le logiciel. J'avais déjà cette idée et elle a été confirmée par les conseils reçus. J'intègre donc un rappel de la méthode à chaque début de module de formation. En faisant cela, je confirme les acquis de chacun au vu de la méthode. Le but est que tous les techniciens aient le même niveau théorique à la fin de la formation. Il sera à compléter avec un tutorat pratique qui a lieu pendant les réunions AMDEC de chacun des qualiticiens. Toute cette partie du mémoire ne traite que de la première écriture. La deuxième phase se passe pendant les formations où j'améliore ce premier jet par rapport aux remarques et aux questions du public à former.

La dernière partie de la formation, la Foire aux Questions, est un livret qui est écrit pendant que les techniciens sont en sessions de formation. Le cadre, le découpage et les premières idées ont été ajoutés dès la phase de la mise en pratique de la formation que j'ai reçue du responsable AMDEC. À force d'expérimentations, j'ai trouvé des manipulations qui peuvent aider les qualiticiens à aller plus vite. Une partie du sommaire de cette dernière étape de formation a été créée à ce moment-là.

J'ai suivi dans un tableau de bord projet [21]l'avancement de l'écriture de ce livret de formations me permettant de savoir où j'en suis au jour le jour.

4.1.5. Suivi de l'écriture du livret

J'ai décidé d'utiliser une roue de Deming pour suivre l'écriture de chacun des modules. Cette vision demande de bien définir le contenu de chaque étape pour éviter de tout oublier. Par conséquent, j'ai défini les quatre étapes comme suit :

Planification	⇨ Apprentissage théorique et pratique ⇨ Utilisation du logiciel afin dans découvrir les aspects ⇨ Planification des sessions de formation et de l'écriture du module
Développement	⇨ Ecriture du livret de formation ⇨ Vérification du livret avant utilisation par responsable division
Contrôle	⇨ Utilisation du livret lors de la formation ⇨ Prise en compte des remarques et des questions
Ajustement	⇨ Modification du livret de formation ⇨ Rebouclage avec le responsable division et explication des changements

Tableau 6 - Découpage en PDCA de l'écriture d'un module du livret

Chaque changement d'étape a fait l'objet d'un point d'avancement auprès du comité de pilotage et des acteurs externes intéressés. Chacune de ces étapes me permet aussi de suivre l'avancement du projet sur mon tableau de bord afin d'avoir une vision globale. Toute la partie « Planification » est liée à la formation que j'ai reçue, à l'utilisation des expérimentations que j'ai faites seul tout au long du projet et à la programmation des sessions de formation. Elle est liée tout simplement au diagramme de Gantt global du projet.

Une fois toutes ces sous-parties faites, je peux commencer le cadran « Développement » et, de ce fait, l'écriture de la formation que je vais donner aux utilisateurs finaux. L'idée est d'écrire un livret de formation le plus clair possible et avec un maximum d'exemples liés au terrain afin de transmettre au mieux les informations.

[21] Vous retrouverez un extrait du tableau de bord à l'annexe XI – Tableau de bord projet (p. 98).

Ensuite vient la partie « Contrôle » qui prend sa place lors des temps de formation où les techniciens en qualité font la critique du support de formation. À chaque session, j'ai pris en notes tout ce qui pouvait améliorer les modules.

Pour finir, dans la partie « Ajustement », je viens appliquer les mises à jour éventuelles provenant de la partie précédente ou d'éléments extérieurs. Par la suite, j'envoie la nouvelle version du livret de formation au responsable division afin d'en vérifier la cohérence. Ce support reste un des livrables de ce projet.

Pour l'instant, je vais développer plus en détail le cadran « Contrôle » dans la partie suivante qui correspond à la formation et la prise en notes des remarques venant des techniciens en qualité.



Figure 25 - Extraction du livret de formation

4.2.Formation et suivi des avancements

La formation est le corps de ce projet, comme vous l'avez lu. Elle prend différentes formes : livret de formation, travaux pratiques, tutorats et sessions de formation. La formation des six techniciens en qualité à mis plusieurs mois à être complétement prodiguée. Les raisons de ce temps assez long sont multiples comme l'augmentation des charges de travail, le fait que cette formation ne soit pas prioritaire ou que le formateur soit unique. Ces dernières ont toujours reçu une solution.

Pour l'augmentation des charges de travail, j'ai changé mon mode planification des sessions de formation en me rendant plus souple que le reste des réunions. Au début, je les planifiais selon mes périodes de présence au sein de mon entreprise d'accueil afin d'avoir une régularité et une sorte de routine. J'ai dû revoir ce fonctionnement pour mieux répondre aux contraintes de temps de mes collègues. Cela a apporté un avantage majeur qui est d'être adaptable. Il existe cependant une contrepartie qui est la difficulté de trouver des créneaux communs à tous les participants. Afin de pallier cet inconvénient, nous plaçons à la fin de chaque session la séance suivante afin d'être sûr que tout le monde soit bien disponible. Cette formule a été utilisée tout au long du projet pour faire régulièrement des heures de formation pour ceux qui ont accepté de la faire.

Pour une partie des techniciens en qualité à former, la formation n'était pas prioritaire pour des raisons de temporalité. Pour me permettre de les former, je me suis présenté auprès de leur hiérarchie. Cette escalade avait pour but de trouver une solution et de proposer un projet en face de la formation, dans l'objectif d'ajouter plus de pratique. Les situations se sont réglées après plusieurs semaines grâce à un choix de réorganisation qui a permis à la plupart d'avoir un support pour exercer le contenu de la formation. A la suite de ces changements, j'ai modifié mon plan de formation afin de les former en accéléré pour qu'ils raccrochent le niveau atteint par les autres au cours de la formation.

Tous ces évènements sont consignés dans le fichier du tableau de bord[22] et affichés sur la représentation graphique de ce dernier pour expliquer les fluctuations de vitesse dans l'avancement du projet et des formations. En parallèle des sessions de cours, je prends des notes m'aidant à améliorer le livret de formation et à le modifier. Il m'a par la suite fallu gérer les différentes mises à jour des modules de formation.

[22] Vous retrouverez un extrait du tableau de bord à l'annexe XI – Tableau de bord projet (p. 98).

4.3.Mise à jour des modules de formation

Comme expliqué auparavant, à la suite de chaque session, je demande aux participants si la session s'est bien passée, leurs questions sur le sujet traité, les points qui peuvent être approfondis ou améliorés. L'idée est d'avoir un retour qui me permet d'optimiser le livret que j'ai écrit pendant la partie de préparation du projet. Les sept modules de formation ont évolué durant l'ensemble du temps de formation. Ces optimisations ont trois vecteurs de modifications :

- Le premier est celui dont je parle juste avant : ce sont les techniciens en qualités - les utilisateurs- qui, au travers de leurs remarques ou de leurs questions, ont permis d'améliorer toutes les parties du support écrit ;
- Le deuxième est la vérification régulière du responsable division du déploiement de la Suite IQ, qui a émis des critiques sur chaque modification afin de comprendre pourquoi j'ajoutais certaines parties et en diminuais d'autres. Voici un exemple présent dans ma formation : j'ai ajouté une partie traitant des filtres de recherche. Cette dernière a été un point de désaccord. Le référent divisionnaire pensait que ce n'était pas nécessaire. De mon côté, j'ai pris un exemple venant de l'atelier pour lui montrer certaines utilisations qu'il ne connaissait pas. Après plusieurs jours de discussions et plusieurs démonstrations, nous avons convenu que l'ajout de cette partie est important dans la formation des nouveaux utilisateurs.
- Le dernier vecteur de modification est le développeur qui, en changeant certaines mécaniques de son logiciel, modifie consécutivement le livret de formation. Pour l'instant, je n'ai qu'une seule manipulation qui a changé entre l'écriture et les sessions de formation. J'ai donc réappris et réécrit la partie du livret en lien avec ce changement.

Ces trois voies ont été utiles tout le long du projet. Elles ont permis de nourrir un module « Foire Aux Questions » (FAQ) qui est la dernière partie de la formation.

4.4.Ecriture d'une rubrique FAQ à la formation

La rubrique FAQ est le dernier module avant la vérification des acquis. Elle a été constituée de réponses aux remarques des utilisateurs et de manipulations que j'ai trouvées en utilisant le logiciel ou en ajoutant des fonctions utiles pour les techniciens. Cette écriture a été faite au long des sessions de formation et se complète encore lors de l'écriture de ce mémoire. C'est la partie vivante de ce support et qui permet à tous les utilisateurs de capitaliser des manipulations.

Le but est de créer un livret surtout axé sur l'utilisation du logiciel et de donner des informations complémentaires pouvant être :

- Des petites manipulations simplifiant drastiquement la création de l'AMDEC ;
- Des réponses aux questions que je ne peux pas mettre avec le reste de la formation ;
- Des réponses aux demandes du client (RETEX Client, Apprentissage du passé) ;
- Tout ce qui a trait à de l'utilisation pure et simple du logiciel et qui n'a aucun lien avec la méthodologie comme le filtrage des données ou la création de version.

J'ai fini la formation avec ce module de réponses pour pérenniser des manipulations peu communes et les astuces trouvées par les utilisateurs. Son contenu est une des clefs pour passer d'un simple utilisateur à un utilisateur avancé. Pour cela, deux composantes sont à prendre en compte : la pratique et du temps d'exercice. Malheureusement, elles ne sont pas présentes au sein de l'usine Magneti Marelli.

Une fois toutes les sessions de formation terminées, il est temps d'évaluer les participants et de voir si les futurs utilisateurs ont tous les compétences pour être autonomes. J'entre alors dans la partie vérification des acquis.

5. Contrôle des acquis

5.1.Stratégie de rédaction du Questionnaire à Choix Multiple

Pour la vérification des acquis de techniciens en qualité, j'ai créé un questionnaire à choix multiple comprenant neuf questions avec trois réponses au choix. Pour valider la formation, les participants doivent répondre correctement à 70% des questions, soit sept questions.

Pour sanctionner au mieux les acquis, j'ai créé plusieurs niveaux de questions :

- **La question simple** : c'est une question qui peut être considérée comme un point donné et qui a pour but de mettre en confiance la personne interrogée.
- **La question moyenne** (au niveau demandé) : C'est une question qui traite d'un point de la formation qui est nécessaire à la bonne création ou à la mise à jour d'une AMDEC sous APIS. Ce niveau de question a pour but de voir si la personne formée a compris les principes donnés pendant la formation.
- **La question difficile** : C'est un type de question qui nécessite d'avoir compris l'essence de la formation mais aussi d'avoir manipulé le logiciel en dehors des sessions de formation. Le but est de voir ceux qui ont bien compris le sujet et qui peuvent être candidats à prendre ma place à la fin du projet.

Après avoir défini des niveaux de difficultés pour les questions, j'ai procédé au découpage de niveau sachant que je dois mettre sept questions simples ou moyennes et deux questions difficiles. Il me reste à définir la proportion de questions simples et moyennes. J'ai décidé de séparer le QCM en trois questions simples et quatre questions au niveau demandé.

Une fois les niveaux définis, j'ai choisi de faire une question par module et deux questions plus générales, sachant qu'il y a sept parties à la formation. L'idée derrière ce choix est de savoir sur quelle étape du livret de formation le technicien a fait une erreur et de réagir en conséquence.

5.2.Evaluation de fin de formation

Lors de la dernière session de formation, je forme le groupe que j'ai grâce au support FAQ. Je réponds aussi à leurs questions avant de passer à leur évaluation. Ils la font directement sur leur ordinateur grâce à un logiciel interne qui permet au service des ressources humaines de mettre à jour leur niveau de compétences.

Une fois l'évaluation faite, je reçois les résultats et je fais un point avec eux sur leur sentiment vis-à-vis du test qu'ils viennent de passer. Très souvent, c'est lors de ces moments que de nouvelles questions surviennent. Je clôture la formation en y répondant et en faisant un point sur les interrogations du test qui ont fait réfléchir les participants ou qui ont reçu une mauvaise réponse. Pour la grande majorité, ces questions sont sur la méthodologie et sur la constitution d'une AMDEC suivant la nouvelle norme client, à la suite de l'alignement initié par les groupements AIAG et VDA. Je propose de reconfirmer les acquis après les reprécisions en faisant un petit exercice d'AMDEC ensemble. En parallèle de cette mise au point et de cet exercice, une évaluation du formateur a été faite que je décris ci-après.

5.3.Evaluation du formateur à chaud

L'évaluation à chaud est un questionnaire interne permettant d'évaluer la formation et le formateur. Il est constitué de neuf questions réparties en deux parties :

- L'évaluation de la formation est notée sur sept questions qui traitent de l'utilité des informations données lors de la présentation du contenu, des outils pédagogiques, de l'ambiance, de la qualité des supports, de l'animation, du rythme et des moyens matériels mis à disposition ;
- La satisfaction du participant est évaluée sur deux questions et un espace de commentaires. Les deux interrogations ont pour but de voir si la formation a répondu aux besoins de la personne formée et si cette dernière se sent capable d'appliquer ses acquis directement.

Le résultat de cette évaluation a deux objectifs. Le premier est de voir si le formateur a bien fait son office et s'il a su gérer sa formation pour contenter et répondre aux besoins des

destinataires. Le second est du côté du formateur pour améliorer son support, son contenu ou l'organisation de sa formation. Je l'ai utilisé exactement comme ceci à quelques exceptions près que je détaillerai lors de la pérennisation du projet[23].

Cependant, l'évaluation du formateur à chaud est le premier d'une série de trois documents remplis par les participants à la formation. Les deux autres sont des évaluations à froid.

5.4.Evaluations du formateur à froid

Les évaluations à froid sont des formulaires de notation envoyés par le service RH au responsable du participant trois à six mois après la fin des sessions. Elles se font conjointement entre le participant et son responsable sans la présence du formateur et portent sur l'environnement de travail après la formation. Elles servent en outre à en vérifier l'utilité pour l'entreprise et le salarié. Si cette évaluation comporte des retours négatifs, c'est que la formation n'a pas été efficiente. Les raisons de ce défaut sont multiples :

- Des raisons indépendantes à la formation : le manque de temps et de moyens, opportunités non présentes et tout ce qui peut empêcher l'utilisation des compétences acquises lors des sessions de formation.
- Des raisons dépendantes à la formation : Complexité trop élevée, non adaptée au métier du participant, contexte temporel de la formation inadéquat. Ce sont des paramètres qui sont entre les mains du formateur. Dans ce cas précis, ce dernier doit retravailler son support ou sa présentation. Ces améliorations sont à mettre en place pour éviter, à l'avenir, d'avoir les mêmes problèmes. Cependant, si les difficultés restent trop présentes et ceci malgré les retours d'expérience faits lors des précédentes sessions, le processus des RH n'hésitera pas à intégrer un nouveau formateur.

Toutes les données récupérées par ces évaluations ont fait l'objet d'une capitalisation sur laquelle je vais maintenant me pencher.

[23] Pour plus de décision, aller voir la partie 6.1. Capitalisation des évaluations du formateur (p. 66)

6. Pérennisation du projet

6.1. Capitalisation des évaluations du formateur

Les techniciens en qualité ont été formés et sollicités pour mesurer le travail accompli ainsi que la pédagogie et la capacité d'adaptation du formateur. La plupart du temps, les retours d'expérience ont été constructifs et présents tout au long des formations. J'ai dû m'adapter aux situations et au caractère de chacun lors des sessions d'initiation. Ce travail sur moi-même n'allait pas tout le temps dans le sens de mes convictions et de mon approche vis-à-vis du savoir. Ces difficultés d'adaptation ont été notifiées dès les premières heures et ont tout de suite été révisées. Le maximum de points que peut recevoir une formation lors de cette évaluation à chaud est de trente-six. Les résultats reçus concernant la mienne sont compris entre vingt-six et la note maximale, avec une moyenne de trente-deux points.

La note la moins élevée à avoir été donnée est due à un manque de matériel. Cette situation est assez gênante sachant qu'une demande de prêt avait été initiée pour ces sessions de formation. Celle-ci a malheureusement été refusée pour des raisons d'indisponibilité du matériel. J'ai appris de ce point pour les sessions suivantes. Cela m'a permis d'éviter ce problème.

Dans les remarques faites lors de cette évaluation, je retrouve aussi des observations sur la temporalité de la formation : certains techniciens en qualité ne travaillent actuellement pas sur une nouvelle AMDEC dans le secteur qui leur est attribué. Pour eux, il est plus compliqué de comprendre comment utiliser cet outil d'analyse de risques avec le logiciel dans un contexte de réunion. De plus, ils ont moins de temps à consacré à l'utilisation d'APIS. Afin de d'enrayer ce problème, j'ai essayé d'apporter des exemples et des exercices proches de la réalité à chaque fois que cela a été possible. Avec les participants les plus démunis en termes d'AMDEC, nous avons créé une version factice pour améliorer leur compréhension et l'utilisation de l'outil.

Pour ce qui est des évaluations à froid, la première vague devrait arriver milieu septembre, comme annoncé par le service concerné. Les résultats vont donner une idée de la qualité du travail que j'ai effectué et possiblement inciter des changements sur le livret de formation.

Tous les commentaires permettent de s'améliorer et d'avancer ; ils m'ont offert l'opportunité d'apprendre à gérer la conduite d'une formation et à en compléter le livret. Cela m'a aussi permis de bien cadrer les procédures du système à modifier.

6.2.Mise à jour des procédures du système qualité

L'usine est en partie gérée par un système de management par la qualité (SMQ). Ce type d'organisation est encadré par la norme IATF 16949 qui vient préciser l'ISO 9001 avec des spécifications liées à l'automobile. Afin d'éviter des non-conformités et pour que la mise en place du projet soit comprise et inclue dans le système, j'ai dû modifier des procédures. Ces dernières sont liées à l'utilisation, la méthodologie, la modification et l'archivage d'une AMDEC au sein de l'usine. Pour faire ces mises à jour, je me suis rapproché d'un des membres de mon équipe projet, le responsable SMQ-IATF, qui est aussi le support sur cette partie du projet.

Dans un premier temps, je récupère les procédures ou les instructions en cours d'utilisation afin de pouvoir les modifier. Ensuite, je prépare une demande de mise à jour pour chacune de celle-ci.

Il s'avère que toutes les informations traitant de l'AMDEC dans le SMQ sont comprises dans quatre fichiers : une procédure et trois instructions opérationnelles. Je dois donc modifier les documents pour conformer le résultat de mon projet, la mise en place d'APIS, à mon SMQ. J'ai commencé les mises à jour par le plus générique, c'est-à-dire la procédure.

Cette procédure vient cadrer les AMDEC process. Elle contient de grandes généralités comme l'objet, le champ d'application, la définition du groupe de travail, l'archivage des documents, toutes les règles d'application tels les liens avec l'AMDEC produit ou encore la méthodologie et tout ce qui concerne la gestion de la procédure. Une partie de ma mission consiste à modifier la manière d'enregistrer les fichiers mais aussi toute partie permettant de faire le lien avec l'AMDEC produit et la méthodologie. J'ai implanté dans cette documentation une nouvelle manière d'archiver, avec un formatage de nom amélioré et un lien de dépôt actualisé. J'ai importé les éléments la nouvelle méthodologie décrite dans ce mémoire.

Pour ce qui est des instructions opérationnelles, j'ai dû les mettre à jour avec des extractions d'APIS ou du guide AIAG&VDA FMEA.

Cependant, j'ai étudié la possibilité de compléter la méthodologie et de créer une nouvelle instruction opérationnelle. Cela me permet de donner des exemples et de valider ces documents actualisés auprès du responsable qualité système pour l'ajouter au SMQ de l'usine.

La mise à jour de ces procédures n'est qu'un aspect de la pérennisation de ce projet. Elle permet aussi aux nouveaux arrivants ou aux personnes en ayant l'usage de recevoir une formation sur le logiciel. Pour cela, j'ai demandé l'ajout de cette dernière au plan de formation.

6.3.Ajout de cette formation au plan global de formation

Pour élaborer cette demande, je me suis mis en relation avec la RH afin de suivre et mettre en place une formation qui continuera à être donnée après la fin de ce projet. Pour assurer cette fonction, j'ai découvert l'existence d'un nouvel outil nommé le LUTI.

6.3.1. Qu'est-ce qu'un LUTI ?

LUTI est un support de formation en interne au groupe Marelli. Ce dispositif est divisé en quatre grandes parties :

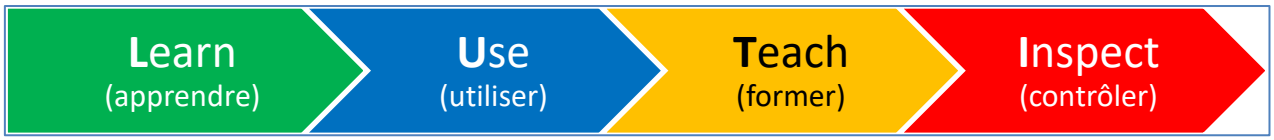


Figure 26 - Diagramme de principe LUTI

- **Learn (Apprendre) :** C'est dans cette étape d'apprentissage que j'ai reçu toutes les informations nécessaires au bon déroulement de mon projet. Les documents à fournir aux services RH contiennent plusieurs questions comme « Quelle est la future formation ? » et « d'Où me viennent ces compétences ? » ;
- **Use (Utiliser) :** C'est la partie qui correspond au temps de manipulations que j'ai effectué. Parallèlement, j'ai commencé à créer le livret de formation qui est utilisé dans la partie suivante. Je dois fournir aux futurs participants de la formation les connaissances nécessaires à la compréhension du sujet associées à des applications. Une fois tout cela effectué, je peux passer au palier suivant ;
- **Teach (Former) :** C'est le moment de former les collaborateurs à la bonne application et compréhension de l'outil. Les questions éventuellement demandées par les collaborateurs sont autant de moments de partage sur les compétences inscrites sur le support écrit. Pour cette étape je dois fournir des informations au service RH. Ces dernières portent sur le nombre de personnes formées, le nombre de sessions et la durée de la formation. Dans le cas de ce projet de formation, tous les techniciens en qualité doivent être en capacité d'exercer le contenu prodigué en six à sept sessions ;

- **Inspect (Contrôler) :** Cela correspond à une analyse de la transmission des informations du support qui permet d'examiner la compréhension de la formation donnée. Dans le cas de ce projet d'implantation, l'intégralité des évaluations est correcte même si le collaborateur prenant ma succession en termes de compétences et de formation n'est pas encore désigné.

L'outil est connecté au livret de formation que j'ai créé par la partie « Use ». Il permet aussi d'identifier la formation sur le plan de formation géré par le service RH grâce à un identifiant unique. C'est pour cela que je l'ai utilisé en tant que moyen de communication entre le service concerné et moi afin d'enregistrer ma formation auprès d'eux et de l'inclure dans le parcours d'entrée d'un technicien en qualité production. L'approche LUTI est très proche de celle d'un PDCA en termes d'amélioration continue et peut être symbolisé de la même façon de ce dernier. Cependant, les différentes étapes de cet outil ne correspondent pas à la roue de Deming puisque les cadrans Utiliser et Former peuvent être placés dans le Développement d'un PDCA. Il n'y a pas de parties de capitalisation prévues dans l'outil LUTI puisqu'elles sont faites tout au long des formations. Malgré ces différences, il a été suivi de la même façon que le PDCA.

6.3.2. Suivi du LUTI

Pour faire le suivi du LUTI, j'ai commencé par présenter le projet de formation au référent RH/WCM qui m'a indiqué la marche à suivre. Cette dernière a été implantée dans la planification du projet au travers de Jalons de projet qui, dans les faits, ont été des points d'avancement globaux.

Ces réunions se font avec la participation de trois personnes : l'assistant RH, mon tuteur et moi. Elles suivent toujours la même structure : une phase de présentation de l'avancement du projet, un point sur la partie du LUTI concernée et les réponses apportées aux questions de cette dernière. Le but est de voir les écarts entre la trame LUTI et le projet de formation en lui-même et d'éventuellement aligner le contenu avec la réalité. C'est lors de ces réunions que les informations passent du formateur au service RH. Le document est modifié jusqu'à la fin de la session de formation où il sera clôturé.

6.3.3. Clôture du LUTI

Toutes les phases de formation terminées et les mises au point faites, le LUTI se ferme jusqu'à la prochaine session de formation ou jusqu'aux évaluations à froid. L'idée est de suivre et de capitaliser les données à chaque session.

J'ai gelé mon LUTI au terme de ma session de formation après avoir modifié mon livret de formation et fait passer tous les QCM ainsi qu'avoir rendu les évaluations à chaud et les attestations de présence au référent RH/WCM.

Après le gel que j'effectue, c'est au tour du référent RH d'archiver le LUTI, de le préconiser auprès des projets ou des pilotes en ayant besoin. Il doit aussi l'inclure dans le plan de formation. Depuis, j'ai reçu quelques demandes de formation pour ce besoin. Pour cela, le référent RH met en place les sessions. Ensuite, c'est à mon tour d'intervenir en manageant les futurs participants par exemple. Au terme de cette session, je dois mettre à jour le LUTI et fournir tous les documents au référent RH.

Cette session supplémentaire montre que la formation que j'ai mise en place fait aujourd'hui partie intégrante du plan de formation et des outils utilisés dans l'usine.

7. Bilan du projet

7.1.Bilan managérial

7.1.1. Approche utilisée

Tout au long du projet, j'ai été amené à utiliser des outils managériaux puisque le plus gros défi de cette mission a été de changer la méthodologie après plus de dix ans d'habitude. Avant toute chose, j'ai analysé la situation au travers des interviews que j'ai développées dans la partie dédiée de ce mémoire[24]. Ces entrevues m'ont permis de prendre conscience des freins pouvant agir sur mon projet. Cela m'a permis de m'adapter en conséquence vis-à-vis des personnes que j'ai eu à former. Pour améliorer encore mon adaptation, j'ai utilisé un modèle de management situationnel, celui développé par Hersey et Blanchard. Ce modèle explique qu'il existe quatre grandes manières de faire du management.

- **Le style directif :** je l'utilise dans ce projet pour imposer une façon de fonctionner qui est aussi pour moi une obligation et pour cadrer les participants lors des sessions de formation.
- **Le style explicatif ou persuasif :** je l'ai utilisé à des fins de coaching en expliquant toute la démarche de création de l'AMDEC sous APIS par exemple. C'est cette approche qui a majoritairement été utilisée en début de formation afin de bien cadrer la démarche et la situation.
- **Le style participatif :** cette approche a été aussi utilisée en fin de formation et en tutorat afin de répondre aux questions et aux remarques. C'est aussi ce style que j'utilise quand une question m'est posée et que je sais que le technicien détient la réponse. Cela permet de faire une réactivation du contenu de la formation.
- **Le style délégatif :** c'est une approche managériale qui n'a pas été beaucoup utilisée pour des raisons de compréhension du logiciel et de temps limité pour le manipuler. Je ne l'ai utilisé que dans le cas précis où un technicien en qualité

[24] Retrouvez le résultat des interviews dans la partie 2.3. Tentatives de mise en place infructueuses au sein de l'usine (p. 16).

a travaillé avec le logiciel en dehors des sessions de formation, je décrirai cela lorsque j'exposerai les cas rencontrés lors de ce projet[25].

Vous retrouvez ci-après une matrice récapitulative des styles managériaux :

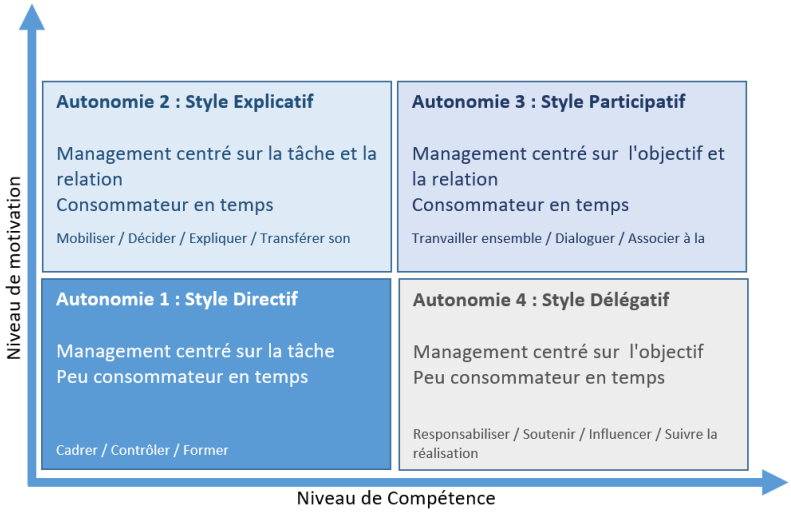


Figure 27 - Matrice de Hersey et Blanchard

Chacun des styles ci-dessus est associé à un niveau d'autonomie qui est dépendant du niveau de compétences et de motivation de chacun. Par exemple, le style directif a une autonomie basse qui correspond à un niveau bas de compétences ou un niveau bas de motivation. Afin d'avoir un aperçu global du découpage, j'ai fait un visuel que vous voyez ci-dessus.

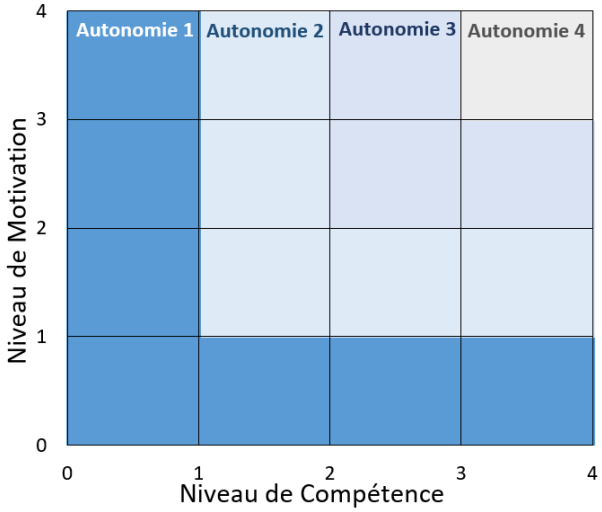


Figure 28 - Matrice d'autonomie vide

[25] J'expose ces différents cas dans la partie 7.1.2. Mise en application et problèmes rencontrés (p. 74).

Il me faut donc évaluer les niveaux de chaque participant à la formation. Pour faire cela, j'ai utilisé les interviews de compréhension des précédentes tentatives d'implantation d'APIS ou mis en place des entrevues avec chacun.

7.1.2. Mise en application et problèmes rencontrés

Lors de ces entrevues, je pose des questions précises mais aussi générales sur APIS et sur l'AMDEC. J'ai aussi des questions liées à la motivation que ce projet peut susciter. J'ai découvert qu'il y a des disparités de niveau puisque certains ont déjà utilisés ce logiciel sur des projets qui sont déjà en cours d'industrialisation ou en phase série. C'est principalement pour cela que j'ai créé des groupes comme décrit dans la définition de mes acteurs faite pendant la préparation du projet[26]. Ces groupes ont évolué avec le temps.

Cela a par exemple été le cas du groupe de niveau d'autonomie moyen qui a vu l'un de ses membres travailler sur le logiciel en dehors des sessions de formation. Il a découvert l'outil tout seul, sans avoir besoin d'une formation poussée. Ce participant, au fur et à mesure des expérimentations qu'il a faites, gagne en compétences et en motivation et donc en autonomie. J'ai dû passer d'un management explicatif à quelque chose de plus participatif puisque je n'ai plus eu qu'à répondre à ses questions. J'ai ainsi été libéré de mon support de cours. Cette disparité de niveau m'a obligé à scinder le groupe pour être sûr d'assurer un coaching vraiment personnalisé. Cela m'a permis de clôturer plus tôt la formation avec ce participant.

Du fait de la temporalité de certains projets vis-à-vis de celle de mon projet, des techniciens en qualité n'ont pas de nouvelle AMDEC à créer pour les deux années à venir. Pour eux, la formation que je prodigue ne fait pas partie de leurs priorités. Cependant, ils doivent être formés puisqu'ils peuvent être amenés à utiliser APIS en cas de remplacement d'un de leurs collègues. Je me suis rapproché d'eux afin d'entendre leurs plaintes et de trouver une solution. L'un des deux a suivi la formation sans poser de problèmes malgré des difficultés que l'on expliquera plus tard. Il rappelait quand même qu'il n'avait pas d'utilité immédiate des

[26] Partie 3.2. Choix et définitions des acteurs (p. 19).

outils appris lors de la formation. Pour compenser ce manque, je lui ai fourni des exercices que mon formateur m'avait donnés. Il en a été ravi et continue aujourd'hui à les faire pour garder son niveau. Le deuxième avait le même problème de temporalité et n'a pas directement suivi la formation. Cependant, une réorganisation du service lui a permis d'acquérir de nouvelles AMDEC à créer dans deux projets pour Automotive Lighting. Il est formé dans une version plus rapide que les autres de la formation et finalement a été plutôt motivé à l'idée de changer ses habitudes. Je l'ai suivi lors de la création de l'AMDEC processus commune aux deux projets qui utilisent la même ligne de production. Toutefois, la personne qui devait être avec lui s'est retrouvée seule. Pour elle aussi la formation n'était pas une priorité mais elle avait un autre type de difficultés.

Il est lié aux précédentes tentatives d'implantation d'APIS et de discussion avec d'autres personnes formées par le passé. Ces dernières n'ont pas compris la logique du logiciel et ont embrouillé l'esprit de certains techniciens. En plus de ces mauvaises habitudes, j'ai eu avec ce technicien quelques soucis d'adaptation puisqu'il reste une personne qui n'ose pas poser des questions ou exprimer ses difficultés. C'est au bout de quelques sessions de formation que j'ai enfin réussi à trouver les faits qui le bloquent dans sa progression. Ce blocage venait d'une AMDEC qui a été faite par ce participant et un Ingénieur Qualité de la R&D. Cette analyse de risque faite sous APIS ne suivait absolument pas la méthodologie du logiciel. Ce souvenir avait tendance à polluer le début de formation. Nous avons donc repris la méthodologie AMDEC en prenant une posture plus explicative pour éviter tout retour de mauvaises habitudes acquises. Cette personne avait aussi une peur de mal faire qui va disparaître avec le temps. Ce n'est pas cependant le seul technicien dans ce cas. Plusieurs de ses collègues n'ont pas non plus d'AMDEC réelle en cours. Il leur est donc compliqué de prendre confiance en eux. Les autres ont eu le droit à un tutorat pendant des réunions de constitutions d'AMDEC.

Cet accompagnement ne peut se faire que si les niveaux de compétences originels, que je donne ou complète en prodiguant la formation, sont suffisants. Ces sessions peuvent permettre à certains de prendre peu à peu confiance en eux vis-à-vis de l'outil et de la

méthodologie AMDEC puisque j'utilise un style plutôt participatif afin de répondre aux questions des techniciens en qualité mais aussi auprès des personnes présentes aux réunions. Peu à peu, je glisse vers du délégatif puisque plus ils pratiquent plus ils deviennent autonomes.

Pour ce qui est de mon impact sur la motivation, j'ai essayé beaucoup de techniques. Une seule d'entre elle a plutôt bien fonctionné : c'est de discuter du sujet sans pour autant faire un cours (approche participative), montrer les simplifications du travail que le logiciel peut engendrer. Très souvent, en montrant les avantages, les participants étaient plus intéressés par la formation et par son contenu. Le projet s'étant à présent entièrement déroulé, je peux comparer les situations managériales de début et de fin. Cela me permet par la même d'observer les évolutions.

7.1.3. Comparaison des situations *avant* et *après*

Au départ, la majorité des techniciens n'était aucunement autonome sur APIS. Des exceptions existent puisqu'il y a des restes des tentatives passées. Cependant, il était impossible aux managers ou à moi-même de laisser un technicien faire une AMDEC sous ce logiciel en étant sûr que le contenu soit conforme aux exigences clients. De plus, les techniciens utilisant le logiciel avaient des questions qui leur venaient très régulièrement et qui restaient sans réponse immédiate. J'ai proposé ce projet pour qu'ils gagnent en autonomie et pour garantir que les AMDEC sont en adéquation avec les normes et les demandes clients. J'ai suivi tout au long des sessions de formation l'évolution en compétences et en motivation de chacun des participants. L'idée est de s'adapter au mieux à la situation afin d'adopter l'approche managériale adéquate. C'est en utilisant la méthode de Hersey et Blachard présentée au début de ce bilan que j'ai observé des modifications non seulement en termes de compétences mais aussi en termes de motivation.

Cependant, des impondérables peuvent modifier drastiquement le niveau de motivation d'un collaborateur : maladie, problème d'ordre personnel, fatigue. Les réunions AMDEC ne sont en plus pas simples à suivre et nécessitent beaucoup d'attention et de concentration. Pendant certains tutorats, j'ai pu avoir un aperçu des différents cas. Il m'a même été demandé de prendre temporairement la place du technicien pour des raisons de

suivi de la réunion et ceci à sa demande. Il a fini la réunion en me remerciant pour l'aide que je lui ai apportée. Il est aujourd'hui totalement autonome lors de ses réunions et n'hésite pas à faire appel à moi en cas de problèmes.

En moyenne, j'ai remarqué une augmentation des compétences acquises mais aussi de l'envie grandissante autour de cet outil puisqu'il ne laisse aucune place à l'erreur : il suit toujours la même méthode, celle donnée par l'AMDEC. De plus, les ingénieurs process ont eu beaucoup de questions pendant les tutorats qui sont allés dans le sens de leur façon de voir l'AMDEC mais suivant une méthodologie qui diffère de ce qu'ils connaissaient jusqu'alors. Ils ont été surpris par la capitalisation des données internes à une AMDEC. Par exemple, il est tout à fait possible d'importer des données d'une analyse à une autre.

Ce dispositif permet du gagner du temps par sa façon de fonctionner. Cette dernière suit une approche en base de données. Son objectif est donc de réutiliser les données présentes en son sein et non de créer des doublons. Ces imports permettent d'éviter de tout réécrire et d'optimiser le temps au fur et à mesure de son utilisation. Avec la mise au jour de la simplification de travail qu'engendre la mise en place de ce logiciel, la motivation de chacun des techniciens en qualité monte à mesure que les tutorats et les sessions de formation ont lieu. Cela me permet de passer d'un style participatif, en répondant aux questions des techniciens, à une approche délégative où le technicien est totalement autonome.

Les sessions de formation terminées, je dresse un premier bilan managérial que j'ai présenté au comité de pilotage constitué de mon chef de processus et de mon tuteur. Je me rends compte que les niveaux de compétences ont augmenté mais que la motivation est difficile à insuffler. J'ai usé des différents moyens présentés plus tôt dans ce mémoire. J'ai fait un visuel se basant sur la matrice d'autonomie présentée en début de bilan. J'ai représenté les techniciens en qualité par des points : le niveau qu'ils avaient avant la formation est représenté en rouge tandis que le vert indique le niveau atteint à la sortie des sessions de formation. Naturellement, des évolutions ont eu lieu et sont visibles.

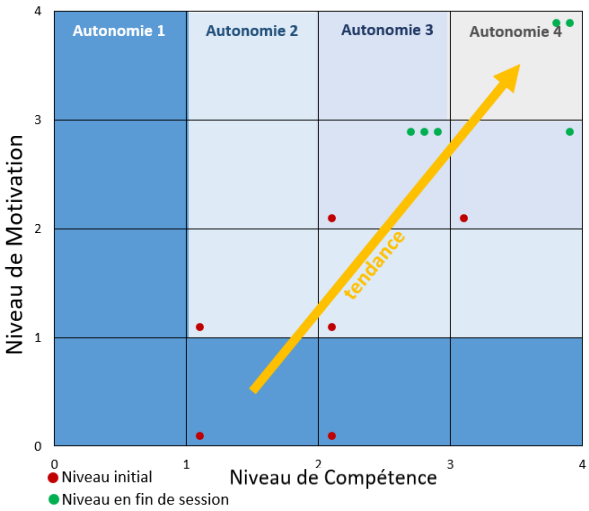


Figure 29 - Matrice d'autonomie finale

Environ la moitié est arrivée à un niveau de compétences haut. Pour l'autre moitié, le manque vient principalement de l'absence de manipulation ou d'un manque de confiance. Le seul moyen de combler ces manques est la pratique. C'est une autre raison de la mise en place des tutorats et du support. Pour ce qui est du niveau de motivation, il suffit de leur montrer les facultés du logiciel et la simplification que ça engendre malgré son aspect peu convivial. Cette évaluation me permet aussi de voir quel sont les techniciens qui peuvent être les candidats à la reprise de ma fonction.

À la fin de cette mise en place, nous commençons à observer les premiers gains que va engendrer ce projet et je peux affiner les calculs prévisionnels faits en début de projet.

7.2.Bilan économique

En fin de projet, j'ai dressé un bilan économique afin de justifier les bienfaits de cette mise en place de logiciel. Dans un premier temps, j'ai récupéré les données prévisionnelles calculées dans la partie préparation du projet[27]. Afin de comparer les résultats, je réutilise les outils présentés lors de l'analyse prévisionnelle : la Project Card et le Payback. La comparaison entre les montants prévisionnels et actualisés arrive en dernier.

7.2.1. Project Card Actualisée

Afin de simplifier la comparaison entre le prévisionnel et le réel, j'utilise la même démarche mais avec des données économiques découlant du projet et non purement estimées. J'ai refait le tableau des coûts de la formation que j'ai donnée en y entrant le nombre d'heures moyen de formation prodigué à chaque technicien en qualité afin de donner un coût réel au projet.

Les coûts horaires restent les mêmes que pour l'estimation prévisionnelle. En revanche, le nombre d'heure varie puisque l'évaluation à dix heures de formation était plus élevée que ce qui a été nécessaire. J'ai gagné du temps sur la mise en place et réduit le nombre de sessions prévu initialement.

	Nb de personnes	Nb d'heures	Coût horaire	Coût total
Constitution et écriture	1	44	12,5€	550 €
Temps de formation				
Temps formateur	1	24	12,5€/h	300 €
Temps formés	6	6,17	34,7€/h	1 284,59 €
			Total Coût	**2 134,59 €**

Tableau 7 - Calcul des coûts du projet

Une fois les coûts calculés, je passe au calcul des économies effectuées. N'ayant pas encore assez de temps pour voir les premiers gains, je me suis basé sur les premières données récoltées au sein de l'usine et du centre de R&D de Châtellerault cumulées avec

[27]Vous trouverez toutes les données prévisionnelles dans la partie : 3.5. Vérification des performances économiques prévisionnelles (p. 27).

celles d'autres usines du groupe par le biais de collègues formateurs sur ce logiciel. J'ai réévalué les gains potentiels à :

- 15% sur les temps de création ;
- 30% sur les temps de mises à jour.

Cela a pour effet de baisser les gains potentiels que j'ai recalculés afin de vérifier si le projet reste rentable malgré les évolutions.

	KPI Avant	KPI Après	Coût horaire	Economie totale
Optimisation temps de création	58,33 h	49,58 h	$34{,}7 \times 6 =$ 208,20 €/h	1 821,65 €
Optimisation temps de M.à.J.	100	70	208,20 €/h	6 246 €
			Total économies	**8 067,65 €**

Tableau 8 - Calcul des gains

Après le calcul des coûts et de gains du projet, je fais le calcul de l'indice de performance du projet qui, pour être rentable, doit rester supérieur à 1.

$$B/C = \frac{8\,067{,}65}{2\,134{,}59} = 3{,}78$$

Avec cette valeur, je remarque que ce projet est effectivement rentable et il permet de rapporter 3,78 fois la somme investie à l'origine. La question qui se pose maintenant est de savoir à partir de quand l'entreprise va commencer à gagner de l'argent. L'analyse du Payback permet d'obtenir la réponse.

7.2.2. Payback actualisé

Comme pour l'estimation prévisionnelle, j'ai calculé deux interpolations : une très théorique (linéaire) et l'autre plus proche du réel[28] (exponentielle). Cette analyse me donne donc deux dates.

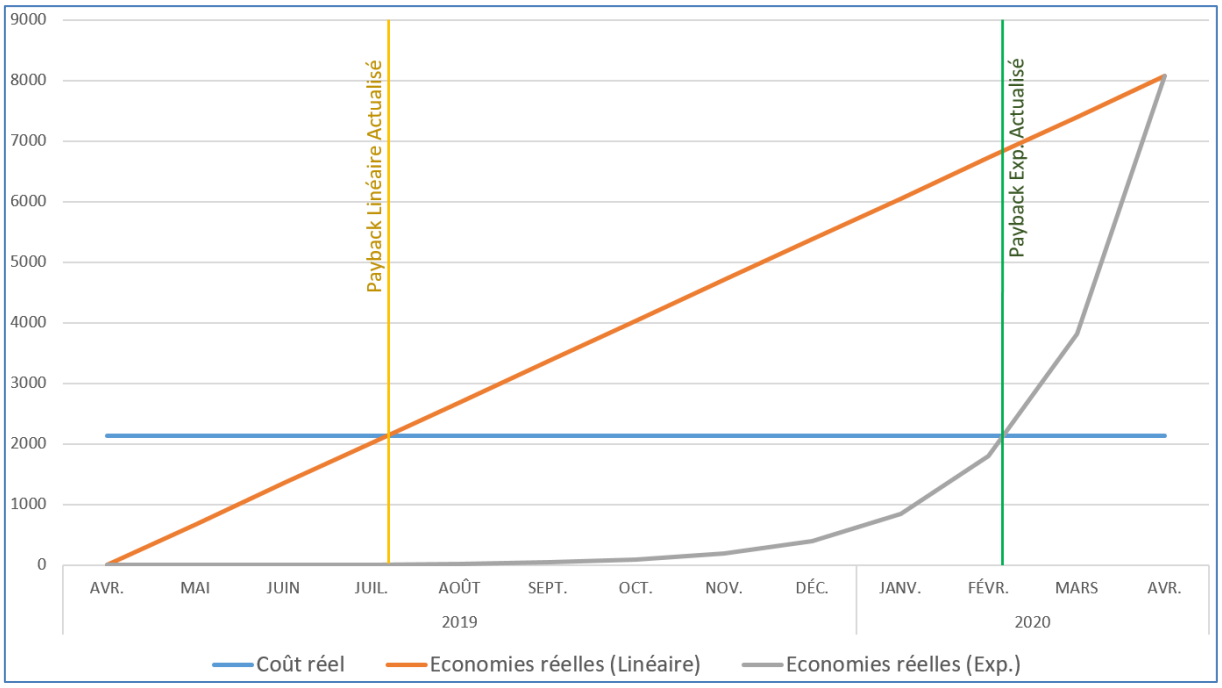


Tableau 9 - Graphique de Payback actualisé

	Payback actualisé
Interpolation Linéaire	15 Juillet 2019
Interpolation Exponentielle	18 Février 2020

Tableau 10 - Tableau de l'analyse du Payback actualisé

Le projet sera rentabilisé le 18 février 2020. L'usine commencera donc à engranger des gains dès cette date. Après avoir actualisé toutes les données économiques de ce projet, je les compare avec celles calculées lors de l'analyse prévisionnelle afin d'en voir les évolutions.

[28] Je vous explique la raison pour laquelle j'ai fait deux interpolations dans la partie 3.5.2. Payback prévisionnel (p. 29)

7.2.3. Comparaison entre le prévisionnel et le réel

En comparant les différents indicateurs, coûts, économies et indice de performance en prévisionnel et en réel. Je remarque plusieurs évolutions :

- Les coûts sont plus bas en réel qu'en prévisionnel. Au début du projet, Je n'avais pas le recul nécessaire sur le déroulement de ma formation et avais évalué un temps de dix heures par technicien en qualité. Il s'avère que la plupart des temps de formation tourne autour de six heures. C'est pour cela que les coûts du projet sont en baisse.
- Les économies engendrées sont aussi en baisse. Ceci est dû à la réévaluation des données d'entrée du projet et à un manque de recul de ma part. Ces données s'actualisent au fur et à mesure du temps pour arriver à un résultat qui sera de plus en plus précis.
- L'indice de performance B/C est lui aussi en hausse et ceci est une bonne nouvelle. Le projet est donc plus rentable que prévu puisque l'indice passe de 3,64 à 3,78. Cela signifie aussi que l'investissement d'origine sera plus de cinq fois remboursé.

En guise de récapitulatif, j'ai créé un tableau de comparaison :

	Prévisionnel	Réel	Evolution	Tendance
Coûts	2 457 €	1 584,59 €	872,41 €	
Economies	10 757 €	8 067,65 €	- 2 689	
B/C	3,64	3,78	/	

Tableau 11 - Comparaison Prévisionnel / Actualisé

Après la comparaison des données chiffrées et de l'indice de performance, il faut comparer les différents Payback afin de voir si le projet devient rentable plus tôt que ce qui est prévu.

Le payback aussi s'est modifié, comme cela est visible dans le tableau ci-dessous. Il intervient plus tôt d'une semaine en moyenne. C'est mieux pour une entreprise qui veut que ses investissements soient rentabilisés le plus tôt possible.

	Payback Prévisionnel	Payback Réel
Interpolation Linéaire	25 Juillet 2019	15 Juillet 2019
Interpolation Exponentielle	22 Février 2020	18 Février 2020

Tableau 12 - Comparaison Payback prévisionnel / actualisé

Une dernière précision est à apporter sur les économies engendrées par ce projet. Ces dernières ne sont pas directes, c'est-à-dire que le gain de temps fait sur les AMDEC permet de libérer du temps aux techniciens que j'ai formés pour qu'ils puissent faire d'autres choses.

Une fois les bilans dressés, je passe à la conclusion de ce mémoire qui vient clore ces trois années d'étude d'ingénieur.

Conclusion

Professionnellement, cette dernière année au sein de Magneti Marelli France m'a beaucoup apporté en termes de compétences puisque j'ai complété le savoir que j'avais acquis sur l'AMDEC, appris à utiliser un outil logiciel que je ne connaissais pas (APIS) et créé une formation. Pour cela, j'ai eu l'opportunité de rencontrer des personnes externes à l'usine, d'être formé par un des représentants qualité de la division et de côtoyer des collaborateurs ayant des caractères différents. Ce dernier élément m'a appris à m'adapter au public se trouvant en face de moi. J'ai eu la chance de pouvoir créer mon propre carnet de route pour ce projet et de travailler en collaboration avec le service RH. De manière générale, ces trois années au sein de groupe Magneti Marelli, devenu Marelli, ont été pour moi un premier pas dans le monde professionnel qui m'a apporté énormément de nouveaux acquis tels que l'aptitude à comprendre et écouter l'autre afin de répondre à sa demande et surtout de pouvoir utiliser les outils à ma disposition pour manager un projet. J'ai acquis aussi de nouveaux savoirs en termes industriels mais aussi de nouveaux outils d'amélioration continue. Toutes ses connaissances me seront utiles dans les rôles que j'aurai à tenir dans les futurs postes qui pourront m'être proposé dès la fin de mon apprentissage.

Personnellement, ces trois années ont été d'une richesse certes de compétences mais aussi humaine. Cette diversité me conforte dans mon idée que le secteur automobile a été, pour moi, très formateur. La preuve en est, j'ai complètement évolué sur mon approche aux autres et ma façon de concevoir le travail et le management. Ceci m'a permis de faire de belles rencontres.

"Quoi que tu rêves d'entreprendre, commence-le. L'audace est porteuse de génie, de pouvoir et de magie. » **Johann Wolfgang von Goethe**

Annexes

I- Fiche de validation de projet

II- Diagramme des acteurs du projet

III- Diagramme de Gantt

IV- Diagramme de méthodologie AMDEC

V- Nouvelle grille d'AMDEC Processus Automotive

VI- Grille et Matrice d'Occurrence & Release

VII- Tableau de correspondance de l'AMDEC vers l'O&R

VIII- Support AMDEC venant d'APIS

IX- Plan de délais (APIS)

X- Tableau de comparaison des normes

XI- Tableau de bord projet

I- Fiche de validation de projet

Validation et Suivi de Projet

le cnam Nouvelle-Aquitaine

☐ Projet 1ère année — 11 MARS 2019
☐ Projet 2ème année
☒ Projet 3ème année – Mémoire d'ingénieur

Promo 8

Cette fiche projet validée devra obligatoirement être insérée dans le rapport final en première page des annexes

NOM :	AUBRY	ENTREPRISE :	MAGNETI MARELLI FRANCE SAS
Prénom :	Flavien	Adresse :	Allée d'Argenson ZI Nord - BP40123 86101 Châtellerault CEDEX
Email :	flavien.aubry@gmail.com		
Téléphone :	+33 643 136 620	Téléphone :	+33 549 025 151

TUTEUR PROFESSIONNEL		TUTEUR PEDAGOGIQUE	
Prénom - NOM :	Julien BREGIER	Prénom NOM :	Béatrice GELIN
Fonction :	Leader Qualité Process UO2	Contact mail :	beatrice.gelin@orange.fr
Contact mail :	julien.bregier@magnetimarelli.com	Téléphone :	06.19.74.78.71
Téléphone :	+33 549 025 935		

CALENDRIER DU PROJET

Date début :	01/10/2018	Date fin prévue :	10/05/2019
Date de validation :		Date de présentation :	

*Attention : **pour valider le projet, ce document doit être entièrement** complété par l'élève*
Les rapports écrits sont à remettre 4 semaines avant la présentation pour les projets 1 et 2,
6 semaines avant la soutenance pour le rapport de projet d'ingénieur en 3ème année.

SUJET

Titre proposé : Formation & mise en place d'un logiciel de gestion d'AMDEC

Descriptif : Mise en place d'un nouvel outil numérique permettant la gestion et la création des AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité), le plan de contrôle et le flux de production. Dans le cadre de ce projet, nous étudirons de façon scientifique une partie d'un processus inédit pour le site de Châtellerault.

REMARQUES DU JURY

VALIDATION SUJET

Dates et signatures

Elève ou Apprenti — Tuteur professionnel — Jury de validation

Signature numérique de AUBRY Flavien
DN : cn=AUBRY Flavien, o=Magneti Marelli, ou=Qualité Production, email=flavien.aubry@external.magnetimarelli.com, c=FR
Date : 2019.02.04 15:09:13 +01'00'

Joindre la lettre de mission de l'entreprise le cas échéant

Ingénieur du Conservatoire National des Arts et Métiers – Spécialité Génie Industriel parcours Production - En partenariat avec ITII Poitou-Charentes
Fiche de validation de projet V7-1.pdf

page 1/4

NOTE DE CLARIFICATION

CONTEXTE

Suite à une demande du groupe Magneti Marelli, il a été demandé de mettre en place APIS. C'est un outil permettant la structuration et la standardisation des documents dit Qualité (AMDEC et Plan de Contrôle) autour d'un FlowChart.

PROBLEMATIQUE

Dans la situation actuelle, chaque technicien Qualité et Ingénieur de production utilise leurs propres outils sans aucune cohésion sur le format du document. Ces différences nous apportent des non-conformités (lors de l'audit IATF et des audits clients) et des pertes de temps.

FINALITE

Afin d'implanter au mieux ce logiciel dans le but de répondre aux exigences du groupe Magneti Marelli, de nos clients et des référentiels de l'entreprise (normes, lois...), je vais suivre une formation sur APIS.
Mais aussi développer la solution en l'utilisant sur un processus d'assemblage innovant pour comprendre comment elle fonctionne.
De plus, cela permet de remettre en conformité les procédures gobales et de les intégrer au logiciel.
Et finalement former les techniciens Qualité pour qu'ils puissent former à leurs tours leurs collègues.
==========
- Fournir des documents standardisés à nos clients et aux auditeurs ;
- Simplification du travail des techniciens Qualité pour la mise à jour des documents ;
- Mise en place de cette solution au sein de toutes les équipes.
- Gain de temps au niveau de la réalisation des plans de contrôle ;
- Présence d'une personne certifiée APIS sur le site afin de traiter les questions le plus rapidement possible et de provoquer des formations si le besoin en est.

CONTRAINTES / OPPORTUNITES

Opportunités :
- Acquérir de nouvelles compétences sur un logiciel inconnu (APIS) ;
- Perfectionnement d'outils vu en cours (AMDEC / Plan de Contrôle) ;
- Découverte et mise en place d'une nouvelle technologie de dissipation thermique pour l'usine ;
- Management de projet et d'équipe ;
- Gestion de formation ;
- Amélioration du système qualité.

Contraintes :
- Non-connaissance du logiciel ;
- Barrière de la langue avec les experts interne au groupe.

ENJEUX DU PROJET

=> Conformité et standardisation des AMDEC et des plans de contrôle vis à vis des référentiels (IATF 16949; ISO 9001; AIAG...)
=> Satisfactions des clients suite à plusieurs demandes de standardisation de nos documents.

RESSOURCES A SOLLICITER

Ressources internes :
- Techniciens qualité ;
- Service informatique ;

Ressources externes :
- Doc. fournisseurs d'APIS ;
- Documentation Groupe Magneti Marelli

ASPECTS ECONOMIQUES DU PROJET

Coûts : (1918 €)
- Coût de formation du référent Usine : 3 jours x 8 heures x 42 €/heure = 1008 €
- Coût du projet :
  => Temps de formation des Techniciens Qualité : 2 jours x 7 heures x 36 €/heure = 504 €
  => Temps de gestion de projet : 2 jours x 7 heures x 29€/heure = 406 €

Bénéfices : (1920 €)
- Gain de temps :
  => Création d'une AMDEC : 190 €
  => Création d'un plan de contrôle : 520 €
  => Mise à jour documentaire : 310 €
- Temps de sur-formation des Techniciens Qualité : 900 €

Indice de performance projet (Bénéfices / Coûts) : 1,001
=> Projet peu performant mais c'est une double demande (client + groupe), il faut dons y répondre en limitant les risque de perte.

MACROPLANNING - DEMARCHE

Nous allons fonctionner sous la forme d'un PDCA.

PREPARATION (1 jour) - 01/10/2018
La préparation me permet de définir le groupe projet et l'objectif global de ce projet.

PLAN (52 jours) - 01/10/2018 => 14/12/2018
Le "Plan" contiendra toute la partie de recherche d'informations et la définition d'un plan d'implantation et de formation pour les utilisateurs du logiciel. Ce sera pour moi l'occasion de me former et d'utiliser ce logiciel pour définir l'AMDEC d'un nouveau processus d'assemblage.

DO (90 jours) - 17/12/2018 => 24/04/2019
Le "Do" est la mise en place de la solution auprès des utilisateurs en suivant le plan décidé lors de l'étape précédente.

CHECK (59 Jours) - 08/02/2019 => 02/05/2019
Le "Check" est un test mis en place pour vérifier les compétences acquises par les utilisateurs.

ACT (6 Jours) - 02/05/2019 => 10/05/2019
Le "Act" est la mise en place de la documentation de formation et de la révision (pour les techniciens Qualité) soit par des exercices rapides et concis, soit par des petits textes que peuvent provoquer une réactivation mémorielle.

AUTRES RESSOURCES

=> Formation poussée sur les outils : AMDEC et PSQ (Plan de contrôle)
=> Formation sur le logiciel APIS (par la société de développement)

ANALYSE DES RISQUES

1 – Risques majeurs

- Mise en place annulée par le groupe ;
- Arrêt des mises à jour d'APIS.

2 – Risques internes au projet ; dérives possibles

- Dérive du planning ;
- Dérive dans l'utilisation du logiciel ;
- Acteurs du projet (personne à former) pas prêtes au changement de logiciel.

3 – Existe-t-il un projet alternatif ?

Il y a déjà eu de multiples tentatives sans grand succès car personne n'était dédié à cette tâche. La non-réussite de ces tentatives réside dans la barrière de la langue étrangère, sachant que le formateur, de la division "systèmes électroniques" du groupe, ne parle qu'en anglais.

AMPLEUR ET TRANSVERSALITE DU PROJET

Compétences :

- Suivre une formation sur APIS ;
- Recherche de documentation ;
- Démarche de formation ;
- Management du changement ;
- Utilisation de nouveaux outils : AMDEC et PSQ (Plan de contrôle).

Transversalité :

- Démarche Qualité (réponse à une demande de la norme et de clients) ;
- Analyse thermique / mécanique au travers d'un cas pratique complexe (scientifique) ;
- Démarche Traitement de l'information ;
- Suivi des coûts du projet et extrapolation des bénéfices engrangés (économie).

Ce projet s'applique à toute l'usine sur les projets déjà en cours mais aussi les nouvelles industrialisations.

METHODOLOGIE PRESSENTIE POUR CONDUIRE LE PROJET

Démarche PDCA
Outils utilisés :

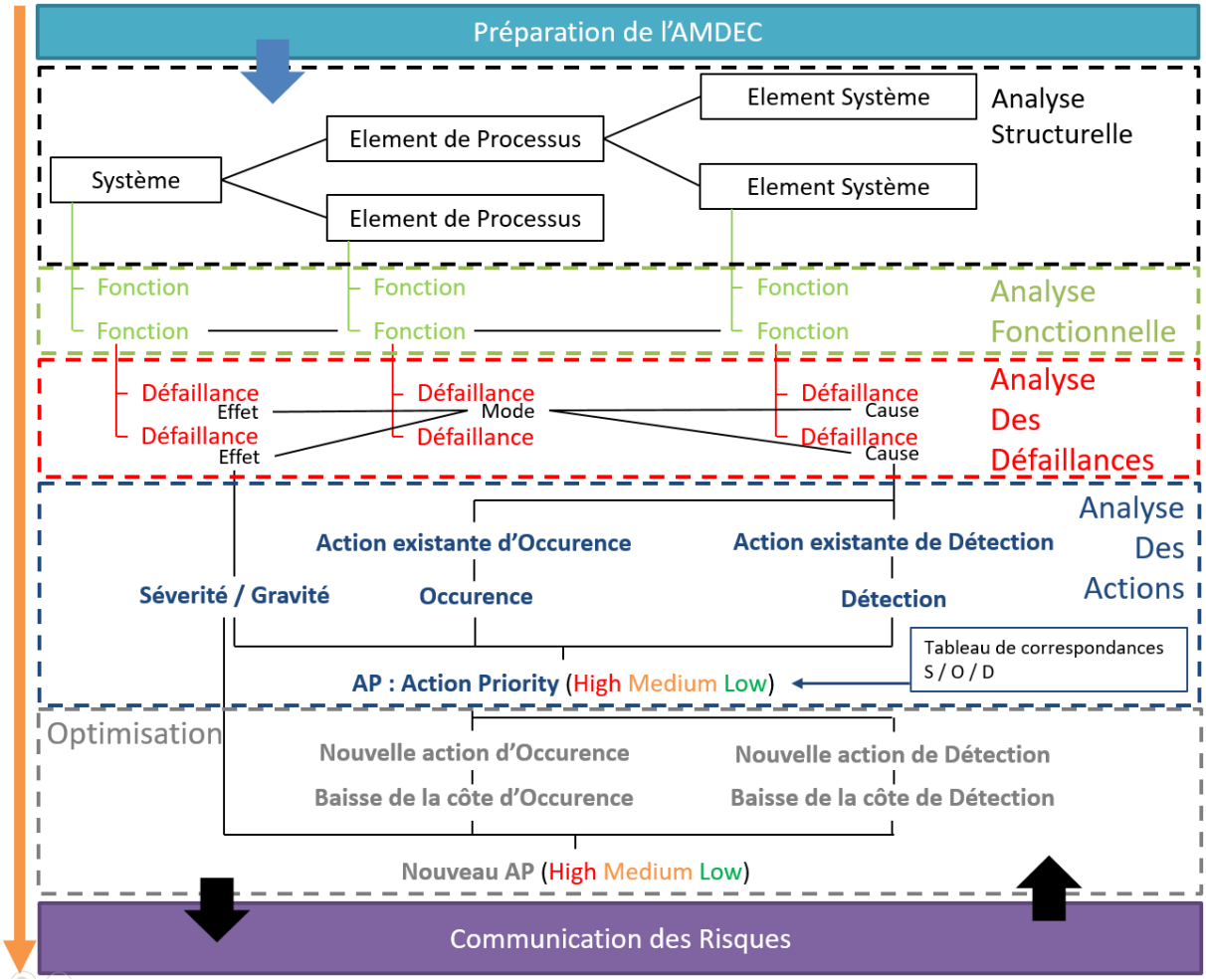
- AMDEC Process ;
- Plan de Contrôle ;
- Plan d'action ;
- Outil formation.

Mes buts sont de manager le projet, de développer la solution APIS et de former les techniciens Qualité au travers d'ateliers, de réunions et de mises en pratique. Ce projet sera suivi par mon chef de service et mon tuteur au travers de revues régulières.

II- Diagramme des acteurs du projet

IV- Diagramme de méthodologie AMDEC

Vous avez ci-dessous une annexe qui récapitule les sept étapes de la création d'une AMDEC tel que décrite par le VDA et l'AIAG. Le diagramme suivant se lit de haut en bas ou en suivant les flèches pour la communication des risques.



VII- Table de correspondance de l'AMDEC vers l'O&R

	WCM	AIAG
Gravity	AA	9-10
	A	5-6-7-8
	B	Spécifique
	C	4-3-2-1
OCCURRENCE	4	9-10
	3	7-8
	2	4-5-6
	1	1-2-3
RELEASE	4	9-10
	3	7-8
	2	4-5-6
	1	1-2-3

Severity Classification

FCA

- Quality Characteristics Classification

Safety. Regulatory , Homologation, Walk Home	**AA**
Function, includes Feel & Hear	**A**
Asthetic	**B**
Workability/Other	**C**

X- Tableau de comparaison des normes

Éléments	MM	VDA	AIAG	Alignement	APIS
Élément racine				x	x
Étape de processus	x	x	x	x	x
Élément de travail				x	x
Fonction de l'élément racine				x	x
Fonction de l'étape process	x	x	x	x	x
Caratéristiques produit	x	x	x	x	x
Fonction de l'élément de travail				x	x
Caratéristiques processus	x			x	x
Effet (FE)	x	x	x	x	x
Gravité de l'Effet (S)	x	x	x	x	x
Mode de défaillance (FM)	x	x	x	x	x
Cause potentielle (FC)	x	x	x	x	x
Actions préventives en place	x	x	x	x	x
Occurrence (O)	x	x	x	x	x
Actions de détection en place	x	x	x	x	x
Détection (D)	x	x	x	x	x
Actions préventives	x	x	x	x	x
Actions de détection		x	x	x	x
Responsable	x	x	x	x	x
Délai	x	x	x	x	x
Status	x	x	x	x	x
Actions choisies sur preuve			x	x	x
Date de finalisation	x	x	x	x	x
Gravité (S)	x	x	x	x	x
Occurrence (O) après optimisation	x	x	x	x	x
Détection (D) après optimisation	x	x	x	x	x
Classification critique	x	x	x		x

XI- Tableau de bord projet

DASHBOARD : FORMATION APIS

Avancement global du projet

#	P	D	C	A	Avancement Global
#!	X	X	X	X	100,0%
#0	X	X	X	X	100,0%
#1	X	X	X	X	100,0%
#2	X	X	X	X	100,0%
#3	X	X	X	X	100,0%
#4-5	X	X	X	X	100,0%
#T	X	X	X	X	100,0%
LUTI	X	X	X	X	100,0%
				TOTAL	100,0%

Indicateur

Tendance


Avancement des sessions de formation

Nom	Prénom	#!	#0	#1	#2	#3	#4-5	#T	Total
Bardet	Michael	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Bouchet	Elodie	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Marcwalter	Nicolas	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Miloszewski	Sarah	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Sivault	Stephane	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Bertaud	Jérome	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Totaux/Partie		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
								Total	100,0%

Résultats aux QCM / Multiple Choice Form Results

Nom	Prénom	#1	#2	#3	Valide
Bardet	Michael	89%			89%
Bouchet	Elodie	100%			100%
Marcwalter	Nicolas	89%			89%
Miloszewski	Sarah	100%			100%
Sivault	Stephane	100%			100%
Bertaud	Jérome	89%			89%
		94%	0%	0%	94%

Indicateur (First Time)

Indicateur (Final)


Index des Figures

Figure 1 - Les divisions du groupe Marelli 9
Figure 2 - Les catégories de produits 10
Figure 3 – Logo des différents clients de Magneti Marelli Châtellerault 11
Figure 4 - Evolution du chiffre d'affaires (CA) et de l'EBITDA/CA 12
Figure 5 - Matrice SWOT (MOFF) du projet 17
Figure 6 - Aperçu de l'interface Powerpoint 21
Figure 7 - Matrice Occurence et Release 22
Figure 8 - Extrait du diagramme de Gantt 26
Figure 9 - Courbe de payback prévisionnel 30
Figure 10 - SWOT (Source : piloter.org) 31
Figure 11 - Extrait d'un table AMDEC 31
Figure 12 - Exemple de la liste des collaborateurs dans APIS 37
Figure 13 - Extraction de la structure d'une AMDEC sous APIS 38
Figure 14 - Structure avec fonctions sous APIS 39
Figure 15 - Structure complète avec APIS 40
Figure 16 - Exemple d'un réseau de défaillance sous APIS 40
Figure 17 - Exemple d'un État initial sous APIS 41
Figure 18 - Exemple État de révision 42
Figure 19 - Schéma de coupe du composant à refroidir 47
Figure 20 - Schéma simplifié du système de dépose 48
Figure 21 - Modélisation couche par couche du système 49
Figure 22 - Schéma équivalent et tableau des données d'entrées 52
Figure 23 - Schéma équivalent simple 53
Figure 24 - Diagramme de déperditions thermiques 55
Figure 25 - Extraction du livret de formation 59
Figure 26 - Diagramme de principe LUTI 69
Figure 27 - Matrice de Hersey et Blanchard 73
Figure 28 - Matrice d'autonomie vide 73
Figure 29 - Matrice d'autonomie finale 78

Index des Tableaux

Tableau 1 - Planification tabulaire 25
Tableau 2 - Taux horaires (Source : Service RH Magneti Marelli) 27
Tableau 3 - Calcul de coûts prévisionnels 28
Tableau 4 - Calcul des économies engendrées par le projet 29
Tableau 5 - Résultats de l'analyse payback 30
Tableau 6 - Découpage en PDCA de l'écriture d'un module du livret 58
Tableau 7 - Calcul des coûts du projet 79
Tableau 8 - Calcul des gains 80
Tableau 9 - Graphique de Payback actualisé 81
Tableau 10 - Tableau de l'analyse du Payback actualisé 81
Tableau 11 - Comparaison Prévisionnel / Actualisé 82
Tableau 12 - Comparaison Payback prévisionnel / actualisé 83

Bibliographie

Documentation de présentation d'entreprise :

"Company" [magnetimarelli.com]

Consultation le 08 Janvier 2019 sur https://www.magnetimarelli.com/company

Normes de référence :

(2015, Octobre) ISO 9001 :2015 – Systèmes de management de la qualité – Exigences [Normes]. Imprimé par l'AFNOR le 20 Mai 2016.

(2016, 1er Octobre) IATF 16949 :2016 – 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 [Normes]. Imprimé par NORMADOC le 19 Juin 2017.

AIAG / VDA. (2019). *AIAG & VDA FMEA Handbook* (1ère Edition), USA : AIAG / VDA

Documentation de référence pour l'étude thermique :

POMPERO C. et GUERET C. *Conductivité thermique des matériaux*, Marne-la-Vallée, France, 2000.

PEREZ J.P., *Thermodynamique, fondements et applications,* Toulouse, France : Édition Masson, 1997

CHERON B., *Transferts Thermiques*, Paris, France : Édition Ellipses, 1999

LELEU R., *Transferts de chaleur*, Paris, France : Éditions techniques de l'ingénieur, 1992

SACADURA J. F., *Initiation aux transferts thermiques*, Paris, France : Lavoisier, 1993

Documentation d'aide à l'écriture :

Grevisse M., et Goose A., *Le bon usage* (16ème édition), Gembloux, Belgique : De Boeck, 2016.

"Lexicographie" [Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales]

Consultation du 08 Janvier au 08 Juin 2019 sur https://www.cnrtl.fr/definition/

"Dictionnaire Electronique des Synonymes (DES)" [Centre de recherches inter-langues sur la signification en contexte] Consultation du 08 Janvier au 08 Juin 2019 sur https://www.cnrtl.fr/definition/

Formation et mise en place d'un logiciel de gestion d'AMDEC au sein d'une usine appartenant à un équipementier automobile. Mémoire d'Ingénieur CNAM, Poitiers 2019.

RESUME

Pour s'améliorer et être concurrentielles, les entreprises automobiles doivent constamment se servir de nouveaux outils. Chez Magneti Marelli, j'ai le projet d'intégrer un nouveau logiciel de création et de gestion d'AMDEC, APIS IQ-RM.

Celui-ci répond à une demande des clients d'uniformisation des AMDEC mais doit s'inscrire dans les normes préexistantes. Des tentatives pour l'instaurer ont déjà eu lieu mais sont restées vaines pour différentes raisons. Je dois les enrayer pour assurer la pérennité de mon projet.

Celui-ci implique une intense préparation allant de la définition des objectifs à celle des acteurs en passant par la planification de la formation que je vais donner et la vérification de son intérêt économique pour l'entreprise. Cela demande que je sois moi-même formé et entraîné.

Former des techniciens en qualité demande différentes capacités notamment managériales et une adaptation à leurs compétences avec des exemples concrets. Également, la formation doit être évolutive en fonction des remarques reçues et du logiciel-même. A son terme, je dois en vérifier l'utilité par un contrôle des acquis.

Enfin, je fais un bilan managérial et économique de ce projet. Celui-ci est globalement positif car les techniciens sont plus autonomes et le projet sera rentabilisé plus tôt que prévu.

Mots-clés : AMDEC, Plan de contrôle, Procédure Qualité, APIS, IATF, AIAG, VDA, Implantation.

SUMMARY

To improve and compete, automotive companies must constantly use new tools. At Magneti Marelli, I have the project to integrate a new FMECA creation and management software, APIS IQ-RM.

This one responds to a request from customers for FMEA standardization but must be in line with pre-existing standards. Attempts to implement it have already been made but have been unsuccessful for various reasons. I have to stop them to ensure the sustainability of my project.

This involves intense preparation, from defining objectives to defining the actors, planning the training I will give and verifying its economic interest for the company. This requires that I myself be trained.

To train technicians in quality requires different managerial skills and adaptation to their skills with concrete examples. Also, the training must be scalable according to the feedback received and the software itself. At the end of it, I must check its usefulness by checking what has been learned.

Finally, I make a managerial and economic assessment of this project. This is generally positive because the technicians are more autonomous and the project will be profitable sooner than expected.

Keywords : FMEA, Control plan, Quality procedure, APIS, IATF, AIAG, VDA, Implantation.