

LIVRET DE SOUTENANCE

Valérie FIEGENWALD

Thèse dirigée par **Michel TOLLENAERE** et
codirigée par **Samuel BASSETTO** et **Céline CHOLEZ**

préparée au sein du **Laboratoire G-SCOP**
dans l'**École Doctorale I-MEP²**

MAITRISE DE LA PROPAGATION DES NON-CONFORMITES DANS L'INDUSTRIE DE FAIBLE VOLUME

Thèse soutenue publiquement le **18 septembre 2012**,
devant le jury composé de :

M. Maurice PILLET

Professeur des Universités, Université de Savoie (Président)

M. Eric BALLOT

Professeur des Mines, Mines ParisTech (Rapporteur)

M. Benoît JOURNE

Professeur des Universités, Université de Nantes (Rapporteur)

M. Lionel ROUCOULES

Professeur des Universités, ENSAM ParisTech Aix-en-Provence
(Membre)

M. Maher AIDI

Maitre Assistant, ENI SFAX (Membre)

M. Michel TOLLENAERE

Professeur des Universités, Grenoble INP (Directeur de thèse)

M. Samuel BASSETTO

Professeur associé, Ecole Polytechnique de Montréal (Co-encadrant de
thèse)

Mme Céline CHOLEZ

Maitre de conférence, Grenoble INP (Co-encadrant de thèse)

Mme Marie-Caroline DELHOMENIE

Siemens T&D, Grenoble (Invitée)





Valérie FIEGENWALD

02/06/1985

valerie.fiegenwald@gmail.com

Diplômée de Grenoble INP - Génie Industriel (2009)

Diplômée de l'Université de Karlsruhe – Génie Industriel (2009)

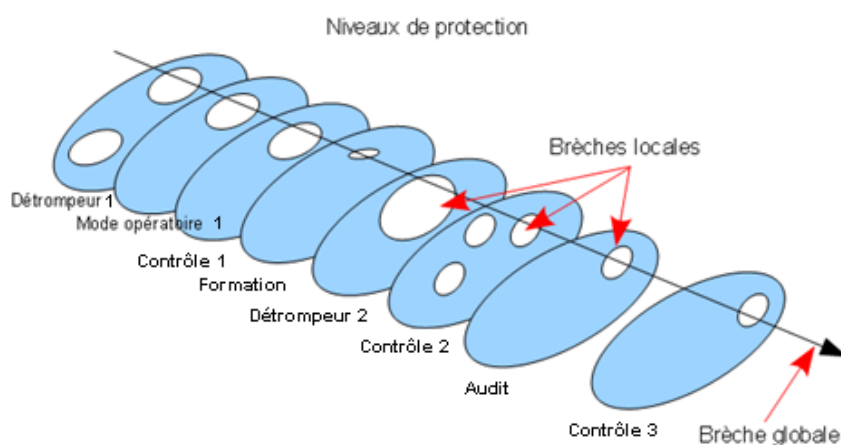
Thèse de doctorat réalisée entre octobre 2009 et septembre 2012 dans le cadre d'une convention CIFRE avec Siemens E T HS à Grenoble.

Chapitre 1 Introduction

1.1 Contexte académique

La performance industrielle est un enjeu majeur pour les entreprises depuis le début de l'ère industrielle. Son évaluation a cependant évolué d'un simple indicateur de productivité à une évaluation multicritères prenant en compte à la fois le triangle classique coûts-qualité-délai mais aussi des critères de flexibilité, de performances sociale et environnementale et de fiabilité. Cette évolution vers des problématiques socio-économiques induit un besoin de recherche interdisciplinaire, particulièrement dans le domaine de la gestion des risques industriels. Les risques industriels sont définis par (Magne and Vasseur 2006) comme des risques qui doivent être pris en compte par les organisations qui construisent, exploitent et contrôlent des installations industrielles. Cette notion englobe à la fois les risques de défaillance et les risques économiques.

Parmi ces risques industriels, ce travail de thèse s'intéresse au risque de non-conformités en fabrication qui peuvent atteindre le client final. Ces risques questionnent la performance du système de protection de l'entreprise, i.e. les différents mécanismes mis en œuvre par l'entreprise pour se protéger contre les risques : d'un côté les analyses de risques pour éviter l'occurrence des défauts, de l'autre le système de détection pour détecter les défauts au plus vite. Le concept des barrières de protection (Summers 2003; Sklet 2006; Duijm 2009; Erik Hollnagel 2008) surtout utilisé dans le domaine de la sûreté industrielle, illustre les efforts pour éviter la propagation des non-conformités et les stopper le plus près possible de leur origine. Bien que la prévention soit la plupart du temps préférable à la protection, une prévention totale est impossible.



Barrières de Protection (adapté de Reason 1990)

Dans cette perspective, les approches récentes sur les risques et sur la résilience organisationnelle présentent les variations et les dégradations des conditions de travail comme des composantes quotidiennes de la vie des organisations (K. E Weick 2001; E. Hollnagel and Woods 2006; Barton and Sutcliffe 2009). Ce renversement des perspectives classiques de maîtrise des risques permet de définir la fiabilité non pas par l'absence d'événement imprévu et de variation, mais par la capacité de l'organisation de prendre en charge les irrégularités, les problèmes, et les dégradations des conditions de travail, et de faire face aux dangers non-anticipés et aux incertitudes. Le concept de perméabilité des barrières de protection doit être adapté au contexte des productions de faibles volumes, dans lesquelles on ne peut pas se permettre d'attendre qu'une défaillance se reproduise pour agir.

1.2 Contexte industriel

Cette thèse a été conduite avec un partenaire industriel sur la base d'une convention CIFRE. Le partenaire impliqué dans le projet est Siemens E T HS à Grenoble, filiale de Siemens AG spécialisée dans le développement et la fabrication d'appareillages électriques haute-tension. Les clients de Siemens E T HS sont principalement les entreprises gestionnaires des réseaux électriques. L'entreprise propose à ses clients des produits personnalisés, et fonctionne sur le mode «engineering-to-order». Siemens E T HS appartient à l'industrie de faible volume qui a les caractéristiques suivantes :

- marché B-to-B (visant une clientèle d'entreprise, i.e. les compagnies nationales d'électricité)
- production en «make-to-order» ou «engineering-to-order»
- produits à forte valeur ajoutée
- inspections à 100% (risques sécurité)
- contraintes de traçabilité importantes (normes)

Selon (Jina, Bhattacharya, and Walton 1997), ces industries font face à plus de turbulences que les autres industries. De plus, les méthodes et outils utilisés dans la production de masse, ne peuvent pas être transposés en l'état au contexte des faibles volumes, particulièrement dans le domaine de la qualité pour lequel les outils statistiques ne semblent pas adaptés. Une étude bibliographique n'a pas permis de trouver des travaux concernant la performance industrielle, ou la qualité en fabrication dans ce type de contexte. Ce travail de thèse s'intéresse donc à cette lacune, et a pour but de répondre à la question suivante : Comment la performance et la résilience d'un système de production de faibles volumes peuvent-elles être caractérisées, mesurées et améliorées ?

Chapitre 2 Formulation des questions de recherche

La motivation de ce travail de thèse a émergé conjointement des partenaires industriels et du laboratoire de recherche. Pour l'entreprise, il y avait un intérêt à conduire une analyse transverse des causes de défaillance. D'un point de vue académique, ce travail de thèse constituait une opportunité de conduire une analyse de la performance des systèmes qualité in situ dans le contexte peu étudié des industries de faible volume et de grande variabilité de produits.

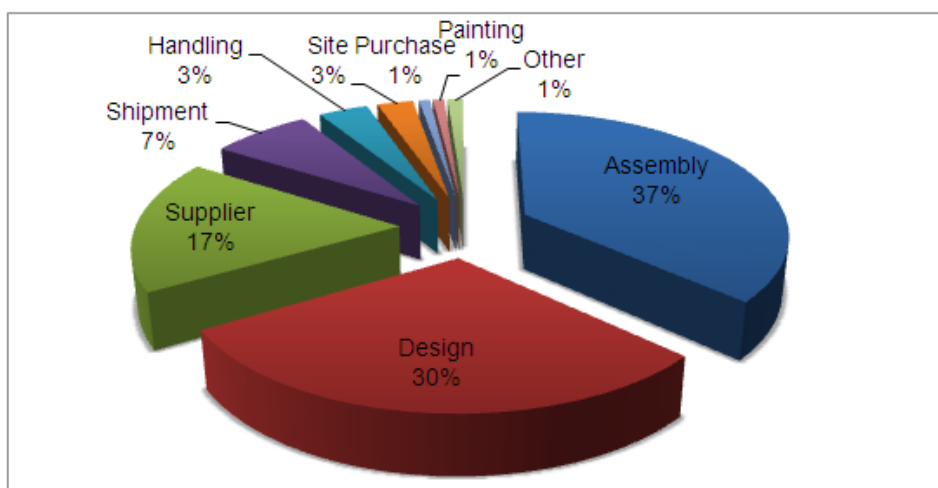
2.1 Diagnostic

L'entreprise travaille en mode projet. Elle développe et fabrique des équipements personnalisés selon les besoins de ses clients. Le processus de réalisation est divisé en différentes activités qui correspondent à des équipes différentes, ce qui induit un besoin de coordination. La complexité du produit ainsi que le niveau élevé de personnalisation entraînent de nouvelles incertitudes pour chaque activité et pour chaque projet.

2.1.1 Les différents types de problèmes qualité

L'entreprise est régulièrement confrontée à des défaillances qui perturbent le flux de production. On peut dire que l'entreprise a une activité «normalement perturbée ». En 2009, 75% des rapports qualités ont été émis après livraison, principalement durant l'installation sur site. Cela illustre le problème de propagation auquel est confronté l'entreprise.

La répartition de ces problèmes est la suivante :



Répartition des rapports qualité (2009)

Concernant les problèmes d'assemblage, plus de la moitié sont dus à des informations manquantes ou peu claires, particulièrement au niveau des documents de montage.

2.1.2 L'origine des problèmes qualité

L'analyse des rapports qualité et l'observation directe ont permis de mettre en évidence les causes profondes des problèmes :

- des barrières aux frontières organisationnelles, particulièrement entre la production et les services supports
- des flux d'information peu efficaces et un manque de réactivité
- des faiblesses au niveau des documents de montage (mise à jour, cohérence, clarté)
- des faiblesses dans la formation technique
- un manque de vigilance
- des rectifications informelles par le couple opérateur-chef d'équipe.

2.2 Questions de recherche

Ces premières observations de la gestion des problèmes qualité questionnent la performance des mécanismes de détection en place. Nous proposons donc d'étudier deux dimensions de la performance des systèmes de protection dans le contexte de faibles volumes de production. Tout d'abord, dans une perspective de contrôle qualité, nous proposons d'étudier le système de détection des non-conformités.

RQ 1 : Comment peut-on caractériser la performance du système de protection en industrie de faible volume ?

- Quelles sont les particularités du management de la qualité dans ce contexte ?
- Quels outils et méthodes sont adaptés ?
- Ces outils sont-ils adaptés à d'autres industries ?

Nous avons également identifié que dans les environnements « normalement » perturbés, les activités de « passage de frontière » (boundary spanning activities) et la résilience de l'organisation sont nécessaires pour assurer la continuité de l'activité et éviter que les non-conformités se propagent.

RQ 2 : Quels types de dispositifs organisationnels peuvent favoriser la résilience et la transversalité dans les situations de résolution de problème ?

- Dans quelle mesure les objets et les individus transfrontières peuvent-ils être des piliers de la résilience ?
- Quelles méthodes et outils peuvent favoriser la communication et la collaboration entre les services concernant les problèmes qualité et leur résolution ?

Chapitre 3 Revue de la littérature

3.1 Introduction : La gestion des problèmes qualité, un besoin de détection au plus tôt

Un concept intéressant lié à la propagation a été trouvé dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, i.e. le concept de barrières de protection (Reason 1990; Sklet 2006; Erik Hollnagel 2008). Ces barrières de protection sont des moyens physiques ou immatériels prévus pour prévenir, contrôler, atténuer les événements non-désirés et les accidents. Elles illustrent les efforts pour éviter la propagation des problèmes en les stoppant le plus près possible de leur origine pour limiter leur impact. Dans le domaine de la qualité, ces barrières de protection peuvent être des cartes de contrôle, des tests d'acceptation, de la maintenance préventive, des détrompeurs, des procédures, etc. La littérature a été analysée pour trouver des outils et des méthodes qui pourraient contribuer à la détection au plus tôt des défaillances dans le contexte des industries de faible volume. Des contributions intéressantes ont été trouvées à la fois dans la littérature en qualité et en sociologie des organisations.

3.2 La qualité en fabrication

3.2.1 Les pratiques qualité pertinentes dans le contexte des faibles volumes

Parmi les principes clés du Management de la Qualité et du Lean (•no 1988), certains sont particulièrement pertinents dans le contexte des faibles volumes. Ils sont détaillés ci-dessous.

Pratique	Contribution à la détection au plus tôt dans l'industrie de faible volume
Outils qualité (SPC, Pareto, Ishikawa)	Rapidité de détection (ARL), analyse des cause profondes des problèmes
Orientation client	Connaissance des attentes des clients, relations clients-fournisseurs internes
Orientation qualité	Culture d'entreprise, la qualité comme priorité, du temps alloué pour la qualité
Leadership	Exemplarité, support de l'encadrement
Formation	Employés hautement qualifiés (compétences techniques mais aussi qualité, lean)
Shopfloor Management	Réactivité dans la résolution de problèmes interdisciplinaires
Management visuel	Transparence concernant les problèmes qualité Partage d'information
Jidoka	Détection au plus tôt, responsabilisation de tous les employés
Culture de résolution de problème	Problèmes vus comme des opportunités d'amélioration

Pratiques qualité dans l'industrie de faible volume

Cependant, aucune de ces méthodes ne prend en compte la rapidité et la performance de détection des problèmes, ni la capacité de l'organisation à maintenir un fonctionnement acceptable en cas de problème. Des contributions intéressantes dans ce domaine ont été trouvées en sociologie des organisations et sont présentées dans la partie suivante.

3.3 Gestion des risques transfrontières

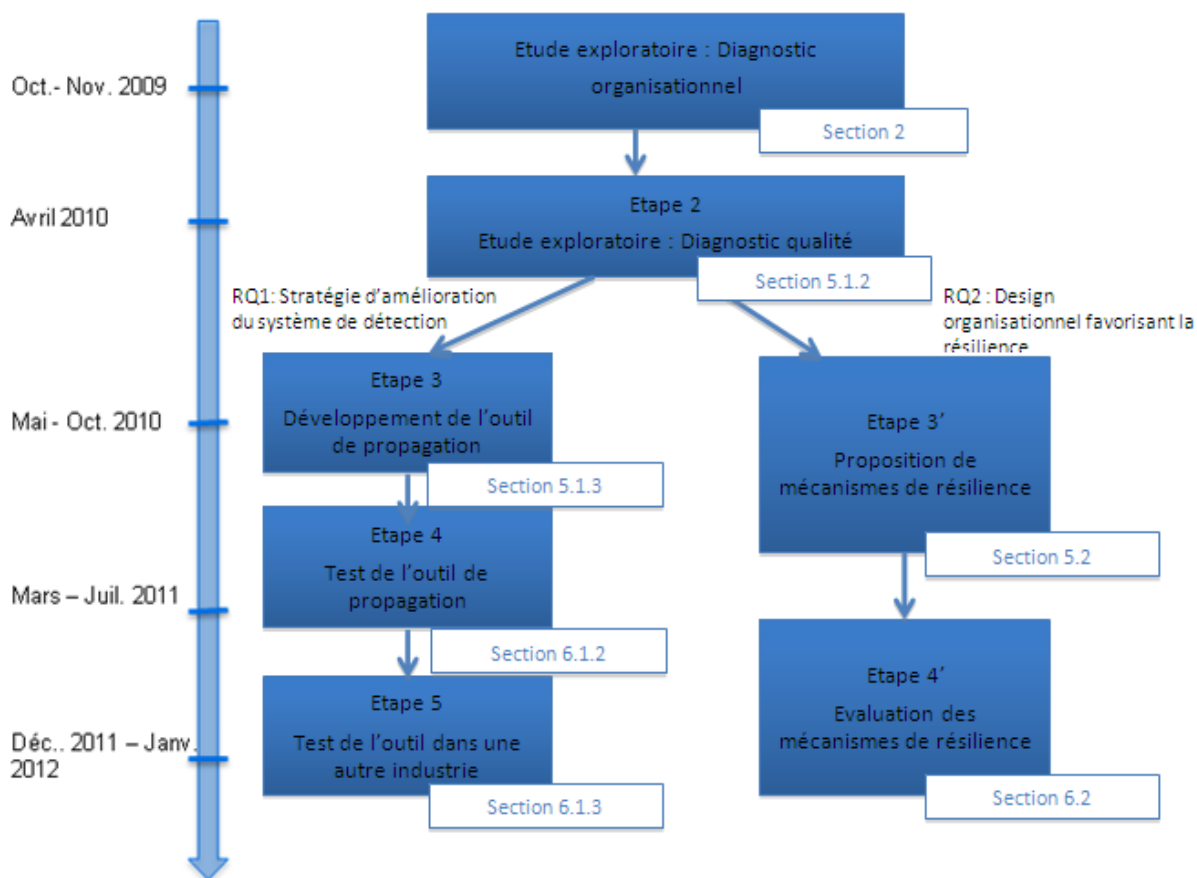
Le terme risque transfrontière renvoie à la diversité de lieux où peuvent se produire les déviations, à la propagation possible de ces déviations à travers les différentes étapes du processus de réalisation et au travail de ré-articulation effectué par les personnes impliquées dans la rectification des incidents.

Le concept de résilience est en plein développement, particulièrement dans le domaine de la sûreté de fonctionnement. La résilience est la capacité d'une organisation ou d'un système à garder ou à retrouver un état de stabilité qui lui permette de maintenir un fonctionnement acceptable pendant et après un incident majeur ou en présence d'un stress continu (Hollnagel et al., 2006). Parmi les propriétés des organisations résilientes, nous avons identifié dans la littérature la correction immédiate des déviations (Wreathall, 2006), l'anticipation et la préparation (Weick and Sutcliffe, 2001), l'improvisation (Rerup, 2001) et la flexibilité (Hollnagel et al., 2006). Même si le concept tend à s'élargir vers d'autres domaines, peu de travaux ont été retrouvés concernant une application de la résilience au champ de la qualité en fabrication, dans lequel on pourrait considérer la résilience comme la capacité d'une organisation à faire face aux défaillances altérant ses produits ou processus, et à maintenir un niveau de qualité acceptable en dépit des problèmes qualité et des crises. Le concept est particulièrement adapté au cas des faibles volumes, dans lequel la flexibilité et l'adaptation sont des composantes importantes des projets. Les objets et les individus transfrontières peuvent être des piliers de la résilience organisationnelle. Cependant peu de travaux ont été trouvés concernant les limites de ces mécanismes.

Chapitre 4 Méthodologie

La méthode adoptée dans le cadre de ce projet de recherche est l'étude de cas. Le projet a été conduit comme un enchaînement d'études de cas longitudinales. On peut le qualifier de recherche clinique puisque les observations sont conduites in situ.

Le projet a été décomposé en cinq phases qui ont été conduites de manière séquentielle ou en parallèle.



Les différentes phases du projet de recherche

Chapitre 5 Proposition

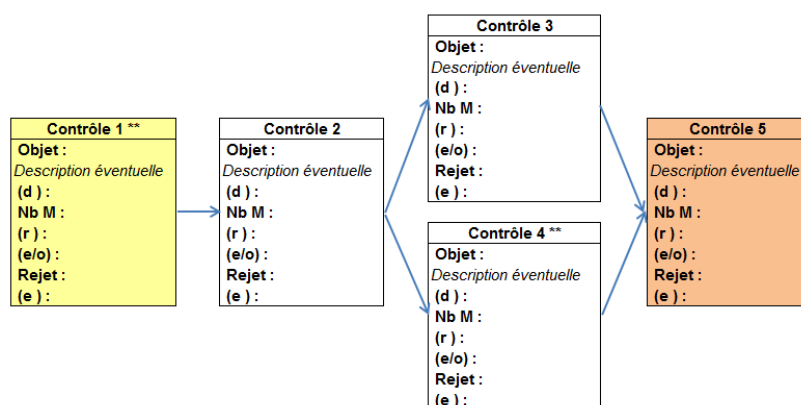
5.1 Stratégie d'amélioration pour le système de détection

L'objectif du système de contrôle qualité est de détecter et de stopper les non-conformités le plus tôt possible. Une opportunité existe pour adapter le concept de moyen de protection utilisé en sûreté de fonctionnement au domaine de la qualité dans les industries de faible volume. L'objectif de cette partie est donc de proposer des outils pour mesurer et améliorer la performance des systèmes de protection. Nous proposons de répondre à la question suivante :

RQ 1 : Comment peut-on caractériser la performance du système de protection en industrie de faible volume ?

5.1.1 Première approche : cartographie des contrôles qualité

L'objectif est d'analyser la valeur ajoutée des contrôles qualité pour les rationaliser et identifier les brèches, i.e. les endroits dans le processus où les contrôles sont inexistantes ou inefficaces. Cette étude conduit à une cartographie des contrôles pour analyser la cohérence globale du plan de contrôle.



Séquence de contrôles pour une opération

La cartographie présentée donne une vue d'ensemble du plan de contrôle dans le but d'identifier les gaspillages et les potentiels d'amélioration. Elle va permettre de mettre en évidence les différences entre la théorie et la réalité des pratiques terrain, la proportion de contrôles formalisés et non formalisés, la quantité et la durée des contrôles par opération, les redondances.

Dans le cas présenté, la cartographie a permis d'analyser les mécanismes de contrôle d'une industrie de faible volume et d'en déduire les caractéristiques suivantes : la redondance, le fait que le plan de contrôle doit être ajusté de manière incrémentale, que les contrôles ne soient

pas complètement documentés mais qu'ils reposent en partie sur le savoir-faire des opérateurs et qu'ils représentent, en termes de charge, une part importante du travail des opérateurs.

La difficulté dans l'analyse de la cartographie réside dans la quantification de la valeur ajoutée des contrôles. Cette valeur ajoutée est liée à l'efficacité des contrôles. Pour évaluer cette valeur ajoutée, nous proposons une stratégie de contournement consistant à évaluer la perméabilité des contrôles ou des opérations du processus d'assemblage. La perméabilité correspond au nombre de problèmes non-détectés pour un contrôle ou une opération donnée. La perméabilité est liée à la propagation des défauts qui est définie comme la distance, en nombre d'étapes dans le processus, parcourue par un défaut avant d'être détecté.

La cartographie ne prend en compte qu'un type de barrière de protection, les contrôles qualité. La partie suivante propose d'élargir l'étude de la propagation en prenant en compte d'autres mécanismes de protection comme les formations, les détrompeurs, les procédures, etc.

5.1.2 Seconde approche : modèle de propagation et méthode d'amélioration

L'objectif de cette approche est d'évaluer les distances de propagation des non-conformités sur la ligne de fabrication étudiée pour valider la pertinence de l'indicateur de propagation et de présenter une méthode pour maîtriser cette propagation.

Une stratégie à deux niveaux est proposée pour diminuer la distance de propagation. Elle comprend un niveau « système » et un niveau « événement ». Au niveau « système », la méthode consiste à enregistrer les distances de propagation pendant une période donnée dans une matrice de propagation croisant les postes de génération et de détection des défauts. Elle va permettre d'analyser la perméabilité des opérations et de diriger les actions d'amélioration vers les opérations les plus perméables. Les sommes en ligne et en colonne (Q_i et Q_j) donnent respectivement les quantités de générations et de détections de défauts par opération sur la période. Cette matrice est présentée ci-dessous.

		Poste de détection						
		1	2	3	4	5	6	Q_j
Poste de Génération	1	0	3	0	7	0	0	10
	2		1	2	1	0	5	9
	3			0	8	1	1	10
	4				1	2	1	4
	5					1	6	7
	6						0	0
Q_i		0	4	2	16	3	13	$\bar{D} = \frac{(3 \times 1 + 7 \times 3) + (2 \times 1 + 1 \times 2 + 5 \times 4) + (8 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3) + (2 \times 1 + 1 \times 2) + (6 \times 1)}{40} = 1,775$
Permeability		10	9-1+7 -15	10-0+1+5 -16	4-1+1+1 -5	7-1+1 -7	0	

Défauts qui sont passés par l'étape 2 sans être détectés

Matrice de propagation

Au niveau « événement », la méthode consiste en une analyse en temps réel de la propagation de chaque défaut grâce à une carte de contrôle. Les actions d'amélioration sont déclenchées en cas de dépassement d'un seuil de propagation et basées sur l'analyse du chemin de propagation pour chaque défaut.

La stratégie à deux niveaux présentée pour maîtriser la propagation des non-conformités constitue une méthode d'aide à la décision qui met en évidence les faiblesses du système de protection et localise les opportunités d'amélioration. Cette méthode est destinée aux équipes qualité qui ont en charge de la mettre en œuvre. Un test de la méthode est présenté au chapitre 6.

5.2 Quels mécanismes organisationnels pour favoriser la résilience et la résolution des problèmes transfrontières ?

L'objectif est résumé dans la deuxième question de recherche :

RQ 2: Quels types de dispositifs organisationnels peuvent favoriser la résilience et la transversalité dans les situations de résolution de problème ?

5.2.1 Les individus transfrontières : un pilier de la résilience ?

Dans l'entreprise étudiée, les défaillances de coordination entre les services sont depuis longtemps compensées et rattrapées par les chefs d'équipes qui facilitent la circulation des informations pour assurer la continuité de la production. Ces individus flexibles et « bricoleurs » permettent de rattraper la plupart des déviations et sont donc une source importante de résilience. Les chefs d'équipes agissent principalement dans l'urgence, comme des pompiers. Mais un excès de flexibilité peut en cas de crise leur faire perdre le contrôle. Le chef d'équipe est débordé par son rôle de passeur de frontière et les sollicitations qui lui parviennent de toutes parts, ce qui le rend moins vigilant, et augmente sa fatigue et son stress.

De plus, la légitimité du chef d'équipe est limitée face aux différents services supports. Il n'a pas la capacité de faire entendre sa perception des risques, particulièrement lorsqu'il sollicite l'intervention d'un service support. Enfin, il n'a pas nécessairement la capacité de détecter toutes les déviations, car il n'a pas une vue globale du projet et sous-estime parfois l'impact de ses actions correctives isolées, qui peuvent se transformer en non-conformité à l'échelle globale. Le chef d'équipe, comme tous les autres acteurs, cherche à atteindre un optimum local, celui de son équipe, qui peut être très différent de l'optimum global de l'organisation. Dans certains cas il n'a pas toute l'expertise technique nécessaire pour prendre une décision.

Dans le cas présenté, l'intervention de l'Assurance Qualité permet d'articuler la gestion de crise. Le service a une posture extérieure et neutre avec une vue globale de la situation. Il a la légitimité nécessaire pour organiser des confrontations de points de vue et créer des zones de négociation autour d'objets frontières comme les tableaux de résolution de problème.

5.2.2 Des mécanismes transfrontières pour favoriser les échanges entre services et légitimer les demandes de l'atelier

Cette partie présente cinq dispositifs organisationnels qui contribuent à la résilience globale :

- L'esprit Lean : cette philosophie peut contribuer à la résilience par la réhabilitation de l'atelier aux yeux des services supports, le développement de relations client-fournisseur internes, la participation des opérateurs à l'amélioration continue et des méthodes structurées de résolution de problème.
- Les formations pour les services supports : cette formation au Lean est basée sur une simulation de production grâce à des Lego[®]. Ce jeu permet de recréer un flux de production et de confronter les participants aux difficultés rencontrées en production. Dans ces situations, les participants doivent être résilients pour gérer les aléas ensemble.
- Le management terrain : un des principes clés du management terrain est de se déplacer dans l'atelier pour voir de ses propres yeux ce qu'il s'y passe. Dans cette perspective toutes les réunions concernant l'atelier, qui se tenaient dans des salles de réunion devant des tableaux Excel, ont été déplacées dans l'atelier devant des tableaux blancs.
- Les groupes de travail interdisciplinaires : pour encourager la coopération dans la résolution de problème qui concernent différents départements, des groupes de travail ont été mis en place sur des problèmes majeurs et/ou récurrents.
- Les objets frontière : Le concept d'objet frontière est particulièrement utile dans les situations de résolution de problème, lorsque des acteurs doivent se coordonner autour d'un objectif commun. Ces objets permettent l'articulation de la connaissance de différents acteurs, souvent de manière innovante. Dans l'entreprise étudiée, les tableaux qualité peuvent prendre en charge cette fonction.

Chapitre 6 Expérimentation et validation des propositions

6.1 Mise en œuvre de la méthode de contrôle de la propagation

Cette mise en œuvre s'est déroulée en trois étapes : tout d'abord une analyse rétrospective sur des données historiques concernant les problèmes qualité rencontrés durant une année, suivi d'une mise en œuvre en temps réel durant trois mois et enfin une automatisation de la méthode dans la deuxième entreprise pour valider sa pertinence dans un autre contexte industriel.

Tous les types de défauts sont agrégés dans cette méthode qui permet d'analyser la profondeur avec laquelle les défauts traversent les barrières de protection (distance de propagation) ainsi que la taille des brèches dans ces barrières (indicateur de perméabilité). Cette méthode est un outil d'aide à la décision qui met en évidence où les efforts d'amélioration doivent être dirigés.

6.2 Mise en œuvre des dispositifs organisationnels

6.2.1 Formation Lean

Une évaluation de la compréhension des concepts a été réalisée à la fin de la formation et a été reconduite trois mois après la formation pour vérifier leur assimilation. Trois mois après la formation, 86% des personnes interrogées sont capables d'expliquer les principes clés du Lean et 75% d'entre eux voient un exemple de mise en œuvre du Lean dans leur quotidien.

Ces formations et la diffusion de la philosophie lean ont permis de contribuer significativement à l'amélioration de la résilience par :

- la réhabilitation de l'atelier, en faisant comprendre aux différents acteurs leur rôle dans l'objectif commun qui est de fournir un produit au client avec le niveau de qualité et dans les délais exigés.
- la compréhension des contraintes de production par les services supports
- la création de réseaux d'experts internes.
- la compréhension de l'articulation du processus de réalisation pour les opérateurs et les chefs d'équipe qui n'ont pas la vision globale de ce processus.
- la compréhension de la complexité des documents d'assemblage
- l'impact des non-conformités qui se propagent en termes de perturbation de flux

6.2.2 Management terrain

6.2.2.1 Evaluation des réunions terrain

Différentes réunions transverses ont été mises en place dans l'atelier (réunion qualité, réunion de lancement de production, réunion sur le planning et les manquants) pour favoriser les échanges entre les services particulièrement autour des problèmes de l'atelier. Elles ont permis de gagner :

- en réactivité grâce à des échanges institutionnalisés et réguliers (quotidiens ou hebdomadaires)
- en fiabilité : les informations sont disponibles de manière unique pour tous les acteurs sur les tableaux
- en temps de cycle : les temps de cycle des différents sous-processus comme la préfabrication ont été réduits grâce à la mise en œuvre de solutions pérennes et partagées
- en partage d'information : par exemple sur les spécificités des projets
- en transparence sur les problèmes : ils sont affichés aux yeux de tous
- vue d'ensemble : le travail des opérateurs est inscrit dans le contexte du projet grâce aux réunions de lancement de production

Pour faire face à la demande croissante de réactivité, les services supports se sont réorganisés et ont créé des équipes de réponse rapide pour dépanner la production au plus vite en cas de blocage.

6.2.2.2 Evaluation des groupes de travail interdisciplinaires

Le tableau ci-dessous récapitule les données concernant les quatre groupes de travail qui ont été animés ou co-animés par le chercheur.

	Serrage	Documents	Déménagement atelier	Harmonisation technique
Objectif	Eliminer les problèmes de serrage (30% des problèmes qualité enregistrés)	Eliminer les problèmes liés aux documents (50% des problèmes qualité enregistrés)	Analyse de risques concernant le rapprochement de deux lignes de production	Harmonisation des méthodes et des documents d'assemblage entre deux produits
Durée	Fév. 2010- Av. 2010	Oct. 2010- Jan. 2011	Déc. 2010-Sept 2011	Fév. 2011-Juil. 2011
Nombre de réunions	5	7	15	10

MAITRISE DE LA PROPAGATION DES NON-CONFORMITES EN FABRICATION DANS L'INDUSTRIE DE FAIBLE VOLUME

Participants	Opérateur, Chef d'équipe, Agent de maîtrise, support industriel, support technique, qualité, formateur technique	Opérateur, Chef d'équipe, Agent de maîtrise, support industriel, support technique, bureau d'étude, qualité, formateur technique	Agent de maîtrise, support industriel, support technique, qualité, formateur technique	Opérateur, Chef d'équipe, Agent de maîtrise, support industriel, support technique, qualité, formateur technique
Statut du chercheur	Animateur	Animateur	Co-animateur	Co-animateur
Résultats	Standardisation de l'unité du couple de serrage Réattribution des outils sur les postes de travail Flyer de communication sur les règles de serrage	Pas de simplification documentaire Standardisation des picking-list pour la préparation des kits	Formation opérateurs (2 smn) Code couleur (documents, composants, postes, etc.) pour distinguer les deux produits Harmonisation technique	modifications de plans (70) et d'instructions de montage (40 10 réunions de diffusion des nouveaux documents dans l'atelier
REX	Pas de solution technique Standardisation de l'unité de couple Propositions de solutions organisationnelles	Pas de simplification à cause de la « propriété » des documents Pas d'alignement vers les besoins du client (production)	Bonne préparation avant le déménagement, bonne collaboration entre les supports	Charge de travail importante pour les supports, aurait dû commencer plus tôt

Caractéristique des groupes interdisciplinaires

Toutes les approches présentées dans ce chapitre ont pour but de réarticuler les tâches et de donner du sens à leur positionnement les unes par rapport aux autres. Elles ont contribué à créer des interfaces matérialisées par des objets ou des individus. Nous avons rencontré les limites d'une résilience qui reposent uniquement sur des individus (chef d'équipe) ainsi que des limites dues aux compétitions entre territoires organisationnels (groupe de travail sur les documents).

Chapitre 7 Conclusion

7.1 Contributions principales

7.1.1 Approche interdisciplinaire

La première contribution de ce travail de thèse concerne l'approche interdisciplinaire qui a été adoptée pour traiter le problème de la propagation des non-conformités. Ce projet de recherche transverse a combiné les disciplines de la qualité industrielle ainsi que de la fiabilité et de la résilience organisationnelle. Ces deux perspectives se sont enrichies mutuellement durant tout le projet.

7.1.2 Pertinence de l'outil de maitrise de la propagation

Les dispositifs de protection mis en place par les entreprises présentent des brèches qui laissent passer certains défauts, qui vont se propager et qui peuvent induire des coûts élevés en termes de rebuts, reprises, délais, stress, voir d'accidents ou de rappel de produit. Ce travail de thèse s'intéresse à la mise sous contrôle de ce phénomène de propagation pour améliorer la performance globale du système de contrôle et donc la fiabilité des produits délivrés. Il propose une méthode d'aide à la décision à deux niveaux pour identifier les faiblesses du système de protection. Cette méthode a été mise en œuvre dans deux entreprises du groupe Siemens.

7.1.3 Pertinence des dispositifs organisationnels proposés

7.1.3.1 Le concept de résilience dans le domaine de la qualité industrielle

La résilience est une pratique de management qui apparaît comme pertinente en dehors du domaine de la sûreté de fonctionnement et des analyses d'accidents pour lesquels elle a été principalement théorisée. Elle est particulièrement adaptée au management de situations quotidiennes perturbées ou au cas des crises par « accumulation » qui touchent particulièrement les industries de faible volume.

7.1.3.2 Les différentes formes de résilience

Cette thèse a mis en évidence trois types de résilience basés sur des rattrapages mais qui ne renvoient pas au même engagement des acteurs. Une première forme repose sur une ligne de production redondante qui inclut des postes de réparation. Les problèmes qualité sont délégués à ces postes ce qui nécessite un faible engagement des autres acteurs en matière de qualité. Une seconde forme repose sur le management improvisé et informel des non-conformités et sur l'engagement élevé des acteurs dans le processus de rectification. Le troisième type de résilience proposé dans cette thèse est basé sur un « réseau » de résolution

de problème pris en charge par l'organisation qui vise à impliquer plus d'acteurs et à favoriser la coopération et la réactivité.

7.1.3.3 Le cout de la résilience

Les différentes formes de résilience présentées ci-dessus doivent être évaluées sur la base de leur efficacité à long terme et des couts humains et organisationnels associés. Les rattrapages ont un cout économique pour les entreprises en termes de composants et de main d'œuvre. A cela s'ajoute dans les deux entreprises étudiées un cout humain lié à la perte de sens du travail, à la lassitude et au désengagement des acteurs. Dans la première entreprise, la résilience repose essentiellement sur des individus qui rectifient une grande partie des non-conformités. Cette forme de résilience peut induire un phénomène de débordement des acteurs. La troisième forme de résilience présente également des limites, car elle est basée sur une organisation « parallèle », couteuse à gérer et à maintenir, particulièrement en cas de départ des acteurs.

7.2 Perspectives

Suite à ce travail de thèse, plusieurs perspectives de recherche peuvent être identifiées.

- Les paramètres du modèle de propagation (indicateurs de propagation et de perméabilité) doivent être étudiés et ajustés.
- L'outil de maitrise de la propagation pourrait être étendu en amont de la production (conception, logistique, etc.). Il deviendrait alors un instrument de mise en évidence de problèmes transfrontières au niveau de l'organisation.
- une opportunité d'utilisation du concept de la résilience dans le domaine de la production pour améliorer la performance industrielle a été identifiée
- D'autres travaux permettraient d'approfondir l'analyse de la relation entre résilience et débordement des acteurs, particulièrement dans le cas des crises par « accumulation ».
- Enfin, cette thèse illustre des problèmes liés aux documents qui échouent fréquemment dans leur fonction d'objet frontière et peuvent même induire en erreur. Il serait intéressant d'étudier dans une approche interdisciplinaire ce qui rend ces objets inopérants et comment ils pourraient être transformés en véritables objets frontières.

Principales références bibliographiques

- Barton, Michelle A., and Kathleen M. Sutcliffe. 2009. "Overcoming Dysfunctional Momentum: Organizational Safety as a Social Achievement." *Human Relations* 62 (9): 1327–1356. doi:10.1177/0018726709334491.
- Hollnagel, Erik. 2008. "Risk + Barriers = Safety?" *Safety Science* 46 (2) (February): 221–229. doi:10.1016/j.ssci.2007.06.028.
- Hollnagel, Erik, David D. Woods, and Nancy Leveson. 2006. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Jina, Jay, Arindam K. Bhattacharya, and Andrew D. Walton. 1997. "Applying Lean Principles for High Product Variety and Low Volumes: Some Issues and Propositions." *Logistics Information Management* 10 (1): 5–13. doi:10.1108/09576059710159655.
- Magne, L., and D. Vasseur. 2006. "Risques industriels-Complexité, Incertitude Et Décision: Une Approche Interdisciplinaire." *Recherche* 67: 02.
- Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. Productivity Press.
- Reason, J. T. 1990. *Human Error*. Cambridge University Press.
- Rerup, C. 2001. "Houston, We Have a Problem": Anticipation and Improvisation as Sources of Organizational Resilience. Snider Entrepreneurial Center, Wharton School.
- Weick, K. E., and K. M. Sutcliffe. 2001. *Managing the Unexpected: Assuring High Performance in an Age of Complexity*. Jossey-Bass.

Publications de l'auteur

Revue

- Bassetto, S., Fiegenwald, V., Cholez, C., Mangione, F., 2011. Experiencing production ramp-up education for engineers. *European Journal of Engineering Education* 36, 313–326.
- Fiegenwald, V., Bassetto, S., Tollenaere, M., 2012. Controlling non-conformities propagation in manufacturing. Submitted in *International Journal of Production Research*

Conférences internationales avec comité de lecture

- Fiegenwald, V., Bassetto, S., Tollenaere, M., 2011. "Vers La Maîtrise De La Propagation Des Non-conformités En Fabrication. Cas D'étude Dans Une Usine D'assemblage Électromécanique." *Congrès International De Génie Industriel*. Montréal.
- Fiegenwald, V., Bassetto, S., Tollenaere, M., 2011. Controlling non-conformities propagation in manufacturing. Case study in an electromechanical assembly plant., in: *IEEM Proceedings*. Presented at the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore.
- Fiegenwald, V., Cholez, C., Reverdy, T., 2011. Management of transboundary risks in a low-volume industry: the role of boundary objects and boundary spanner. Presented at the European Group for Organization Studies Colloquium, Göteborg.

CONTROLLING NON-CONFORMITY PROPAGATION IN LOW VOLUME MANUFACTURING

Résumé

Ce travail de thèse propose une approche pluridisciplinaire de la qualité dans les systèmes de production manufacturiers, couplant les approches d'ingénierie et de sociologie des organisations. Il s'intéresse aux risques de non-conformités qui peuvent se propager dans le processus de réalisation et atteindre le client final. Il est basé sur des études de cas réalisées chez Siemens ETHS, une entreprise produisant de faibles quantités de matériel haute-tension hautement personnalisé. Cette étude propose tout d'abord une méthode qualité pour améliorer le système de détection des non-conformités en identifiant et en agissant sur ses faiblesses. Dans une deuxième approche, cette thèse propose des instruments organisationnels pour limiter la propagation des non-conformités entre les frontières organisationnelles et améliorer la résilience de l'organisation face à ces problèmes transfrontières. Les deux approches ont été mises en œuvre dans l'entreprise étudiée puis étendues à une autre entreprise du groupe opérant sur le segment de la production de masse ce qui a permis de tirer des conclusions à la fois académiques et managériales pour les partenaires industriels.

Mots clés

Qualité, Production de faible volume, Propagation, Non-conformités, Transfrontière, Résilience organisationnelle

Abstract

This thesis proposes an interdisciplinary approach of quality in manufacturing production systems that combines quality engineering and organization studies. It is interested in the risk of non-conformities that can propagate in the delivery process and reach the final customer. It builds upon case studies conducted at Siemens ETHS, a company manufacturing low volumes of customized high-voltage equipment. First, a quality methodology is proposed to improve the detection system of non-conformities by identifying its weaknesses and acting on them. A second approach proposes organizational mechanisms to avoid non-conformity propagation between organizational boundaries and improve the organizational resilience in case of transboundary problems. Both approaches have been implemented in the company under study and then extended to another company of the group operating in the high volume field, what enabled the researcher to draw academic conclusions as well as to build practical knowledge for the industrial partners.

Keywords

Quality, Low volume manufacturing, Propagation, Non-conformity, Transboundary, Organizational resilience.