

METHODE OUTILLEE EMPLOYANT LES CONNAISSANCES D'EXPERTS

Samuel Bassetto*, Stéphane Hubac**, Ali Siadat***, Patrick Martin****

Résumé. - Cet article présente un cas industriel. Une méthode outillée pour réduire systématiquement les risques opérationnels d'une usine de recherche et production de semi-conducteurs. Les analyses et les actions qui en découlent fiabilisent l'outil de production et contribuent à l'amélioration de ses performances. Elles intègrent et utilisent les connaissances de toute l'organisation. L'article détaille les fondements structurels de la démarche et aborde ses liens avec l'organisation. Les informations pertinentes nécessaires à son fonctionnement sont analysées et constituent le cœur de l'outil. La gestion des connaissances trouve sa place en tant que support et met en lumière les activités principales respectées par la méthode outillée. Un état du déploiement et sa portée sont également présentés.

Mots-clés : AMDEC, Performance industrielle, Cas d'étude, explicitation des connaissances

1. Introduction

Les travaux présentés se déroulent dans le cadre d'une usine de recherche et production de semi-conducteurs. La performance industrielle y est définie par rapport à des objectifs opérationnels tels : l'atteinte de rendements de production, l'activité de la ligne (throughput), la réduction des non conformités ou encore la diminution des temps de cycle de fabrication et des projets de recherche. Est appelé dans ce cadre « risque opérationnel » tout ce qui peut affecter les performances en regard des objectifs précités. La recherche de voies techniques pertinentes pour l'atteinte, puis l'amélioration des objectifs opérationnels, nécessite l'implication de l'ensemble

* Ingénieur Process Control - STMicroelectronics, samuel.bassetto@st.com..

** Manager Process Control - STMicroelectronics.

*** Maître de Conférence à l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Metz.

**** Professeur à l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers de Metz.

des acteurs du site. Ces travaux présentent un cas d'étude de construction et de déploiement d'une méthode outillée permettant de structurer cette mobilisation. La façon d'aborder les connaissances est celle présentée par [Gardoni, 2004].

Le papier débute par la construction de la démarche systématique d'analyse et de sa structure de déploiement. Les supports et outils de la méthode sont ensuite présentés ainsi que leurs aspects organisationnels et managériaux. Un statut est fait sur l'état du déploiement. La construction de la méthode outillée visant à fournir des informations pertinentes, l'article se termine par une synthèse sur les connaissances.

2. Une démarche systématique d'analyse

2.1 Cœur de l'analyse

Contexte : Trois parties majeures de l'appareil de production sont mises en évidences et traitées. L'enchaînement des modules constitue un procédé de fabrication pour une technologie donnée. Les modules sont constitués d'une suite de gammes de fabrication appelées recettes. Les machines de fabrication sont composées de familles d'équipements aux caractéristiques communes. La suite du document désignera par élément, une famille de machines, une famille de recettes aux caractéristiques communes (Recette type) ou une brique de technologie (Module).

Orientations : La démarche d'analyse proposée doit être systématique pour chaque élément. Elle doit permettre d'analyser l'ensemble de l'appareil de production et son impact sur les non conformités des produits ou tout autre risque. Cette opération fait passer au crible les zones à risques et doit aboutir à un ensemble d'actions permettant la fiabilisation de la ligne. Pour chaque partie des éléments de l'appareil de production une analyse exhaustive des modes de défaillances ayant pour effets une déclinaison d'un risque opérationnel doit être réalisée. Elle porte également sur les causes, les moyens de détections de chaque défaillance. A l'aide d'une métrique, les risques importants sont séparés des secondaires. Ces choix conduisent à manipuler des connaissances métier qui sont les analyses et les actions qui en découlent.

Choix : Par ces orientations, il a semblé naturel de structurer notre démarche sur les AMDEC. La structure proposée par cette méthode est adaptée au mode systématique voulu dans notre démarche et donc à un déploiement industriel. Depuis longtemps employé par les groupes qualité [QS-9000, 1993] [Hervé Garin, 1994] en mode préventif et parfois curatif, elle permet d'architecturer une méthode outillée d'aide à la décision pour orienter des actions de production et d'ingénierie. Les réflexions des experts sont ainsi cadrées pour permettre une analyse des risques opérationnels. Des choix similaires ont été appliqués par National Semiconductor [Rick Whitcomb, 1994] et Motorola Austin [Gary DePinto, 1997] pour analyser systématiquement les non conformités appelées *scraps*.

Les analyses permettent de tirer une connaissance globale sur les technologies et sur l'appareil de production, en regard d'un ou plusieurs objectifs opérationnels. Un extrait en est présenté figure 1. Chaque risque est proposé et coté par le groupe d'experts. Ils peuvent se fonder sur des indicateurs issus de données de production ou se fier uniquement à leurs jugements. Par défaut, les informations pertinentes sont considérées comme projectives car elles traduisent les avis d'experts et ne sont pas uniquement factuelles.

POTENTIAL / FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS																										
					FMEA Type Module		C120 Gate																			
					Department :		Creation date:10/01/2004																			
					Section :		Revision date :																			
					Owner : xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		Team members : xxxxxxxxxxxxxxxx																			
N°	Item/Function	Potential Mode	Failure Potential Failure	Effects	cf	S	C	L	A	S	P	O	C	C	Current Prevention	Controls	Current Detection	Controls	D	R	P	E	T	N		
	Poly Gate deposition	Poly thickness too...	S/D implant through poly		8									2	Measurement on run.										3	48

Figure 1 : Extrait d'une analyse de la technologie CMOS120.

2.2 La prise en compte des événements opérationnels

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outiller. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Les événements qui se passent sur l'outil de production rendent les renseignements contenus dans les documents rapidement obsolètes. Hors contrôles, hors spécifications, produits défectueux, usures prématurées (etc.) remettent en cause la pertinence des cotations proposées lors des analyses. La mise à jour des AMDEC n'est, de ce fait, plus uniquement contrainte par le temps. Le but est d'obtenir des connaissances valides pouvant être utilisées pour le travail quotidien des ingénieurs de la ligne (maintenance, équipement, procédé, technologie, produit, recherche, ...). La mise à jour a donc été basée sur l'évènementiel et l'évolution de la connaissance technique de l'appareil de production. Comme indiqué figure 2, l'introduction d'une nouveauté, les réclamations client et les événements opérationnels sont les déclencheurs de la création ou mise à jour des AMDEC. [Robert Trahan & Anthony Pollock, 1999] ont appliqué la constitution et la mise à jour systématique des AMDEC lors des changements majeurs. Revue dans un comité appelé le Review Board, chaque nouveauté fait l'objet d'une analyse de risques. Leurs travaux confirment la possibilité d'utiliser l'outil AMDEC au cœur de l'analyse de tout événement tel que défini dans ce document.

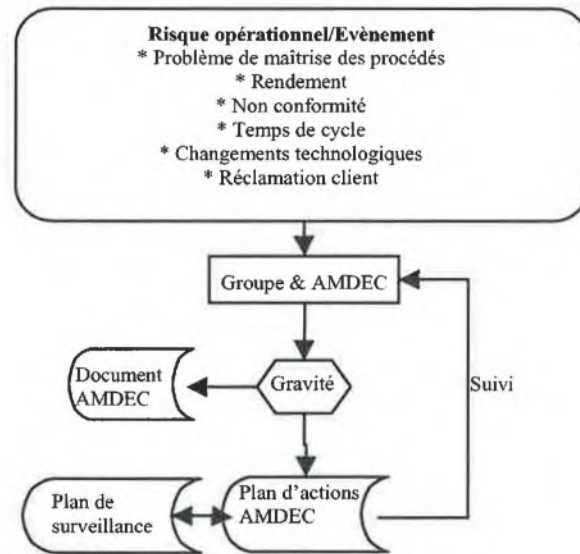


Figure 2 : Boucle de rétroaction sur les analyses en fonction des évènements.

Outre le fait de disposer de connaissances à jour, la prise en compte des événements opérationnels permet de venir valider ou invalider la pertinence des analyses. Les acteurs des AMDEC ne peuvent prétendre à fournir des connaissances universelles ou complètes. Pour peu qu'une analyse ait été faite superficiellement sur l'un des éléments de l'appareil de production, aucune action ne sera envisagée pour réduire le risque potentiel (puisque non identifié). Par voie de conséquence, si les objectifs opérationnels, pour cet élément, ne sont pas atteints à cause de l'apparition de certains événements, il devra être analysé à nouveau en regard de ces faits. Cette prise en compte est donc une assurance de disposer d'un levier d'explicitation des connaissances.

2.3 Structure de focalisation

Les grilles de cotations sont un des points de paramétrage obligé des AMDEC. Si elles sont adaptées, les analyses feront ressortir uniquement les risques relatifs aux objectifs opérationnels visés. Notons dans la suite du document que :

- Le risque est un vecteur constitué des composantes : Item/Fonction ; Mode de défaillance ; Effet ; Cause ; Détections. Il est noté **R**
- Sa cotation associée est le vecteur : Sévérité ; Occurrence ; Détection, noté **cot(R)**
- Son action associée est le vecteur : Action recommandée ; Responsable ; Date de fin ; (Action effective) noté **A(R)**
- La cotation prévisionnelle de l'action est le vecteur : Sévérité prévisionnelle ; Occurrence Prévisionnelle ; Détection Prévisionnelle, noté **cot(A(R))**.

- La **gravité** d'un risque est calculée à partir de sa cotation, par l'application RPN sur le triplet de cotation. Où $RPN : \mathbb{N}^3 \rightarrow \mathbb{N}$
 $(a, b, c) \mapsto a * b * c$

En premier lieu, et afin de pouvoir focaliser les forces de travail sur les zones à risques, les actions de diminution de la gravité sont envisagées uniquement pour les risques dont le RPN est supérieur à un certain seuil S . Ensuite, si toutes les gravités d'un élément donné sont en-dessous de S , alors les priorités d'actions sont déterminées par un classement des gravités. [John B. Bowles, 2003] souligne la nécessité de sélectionner les risques importants non pas uniquement sur un seuil fixe mais également sur des seuils de sévérité, d'occurrence et de détection. Il montre par cette méthode une amélioration d'efficacité de la couverture par rapport au mode de calcul non linéaire du risque. Bien conscient de cet apport, le déploiement de la classification des risques reste cependant faite en regard d'un unique seuil fixe, quel que soit le risque opérationnel recherché.

Pour un risque donné, sévérité, occurrence et détection sont des grandeurs fixées par les experts, lors de leurs analyses. Ils sont aidés dans ce travail par des grilles de cotation dont un exemple est donné figure 3. Chaque grille donne face aux numéros une référence permettant d'étiqueter les problèmes. L'attribution des notes provient d'un rapprochement du risque devant être traité, avec celui proposé par la grille. Cette étape de « reconnaissance de formes » est laissée à la discrétion des experts. Ainsi $Cot(R)$ est dépendant de la grille d'analyse et de son interprétation.

- Notons GA la grille d'analyse. Ainsi, $Cot(R)$ devient $Cot(R)_{GA}$.

Pour deux grilles d'analyses différentes, $GA1$ et $GA2$, il se peut que $RPN(Cot(R)_{GA1}) > S$ et $RPN(Cot(R)_{GA2}) < S$. C'est-à-dire R aura deux cotations différentes et pourra avoir un RPN $> S$ dans un cas et pas dans l'autre. Ainsi un même risque pourra être pris en compte et comporter une action, avec une grille de cotation, alors qu'avec une autre, ce ne sera pas le cas. La grille est donc un moyen de se focaliser sur certains types de problèmes. Une réflexion identique pourrait être mise en avant, avec le niveau du seuil.

Les paramètres de la grille sont ajustés de telle manière à ce que :

- La cotation de la sévérité reflète les niveaux d'impacts constatés de risque opérationnel ¹
- L'occurrence reflète les fréquences d'apparition des événements liés aux risques opérationnels.

¹ Rappel : Le risque opérationnel est défini comme le frein aux objectifs de production. Le risque de l'analyse est défini comme le vecteur R

- la détection reflète les moyens de détection des événements et des causes de défaillance liés aux risques opérationnels.

Ranking	Severity	Occurrence	Detection
1	No incidence	Impossible or 1 time during equipment life	Block Hardware Automatic Detection (immediately, at 100%)
2	Aspect failure / cosmetic problem	1 Lot or event/year affected	Detectable after processing
3	Generate rework/recycling for 1 or 2 weeks	1 Lot or event/quarter affected	Systematic measure after operation
4	Generate a process complement of a lot. Generate lot rework	1 Lot or event/month affected	measurement on lots by sampling or main frame and sub-units not individually measured
5	- Generate a scrap of 1 or 2 weeks - Delivery delayed	> 1 Lot or event/month affected	Detectable at daily monitoring
6	- Yield loss	1 Lot or event/week affected	- Detectable some steps after - At weekly monitoring
7	- Rejected lot - Unclassified lots	> 1 lot or event/week affected	Detectable at Parametric Test
8	Product parameter out of tolerance	1 Lot or event/day	AI/AS / final test level
9	Non functionality at customer	1 Time lot	Detectable by reliability monitoring (MURC)
10	- Affects product reliability - Affects product safety	Each wafer/lot	Non detectable or to the customer

Figure 3 : Exemple d'une des 3 grilles d'analyse AMDEC utilisée.

Pour chaque risque opérationnel, la constitution des grilles implique le ou les groupes cherchant à diminuer ce risque. Ils sont conviés lors de réunions de créativité à s'exprimer sur les différents effets recherchés, mais également, les occurrences, et modes de détectations, utilisés. A l'issue de ces réunions, une grille de synthèse est ainsi proposée, classant les différentes idées et leur associant une cotation de 1 à 10. Une dernière validation permet la constitution de la grille adaptée pour le risque opérationnel donné.

Par le paramétrage des grilles et des niveaux de seuil, il est possible par les AMDEC de faire ressortir les risques relatifs aux objectifs opérationnels visés.

3. Supports et outils de la méthode

3.1 Organisation : structure de déploiement

Comme le souligne [Barry T. Mc Kinney, 1991], la réalisation des AMDEC rencontre des freins. Une méthode basée sur cet outil doit donc s'y préparer. Plusieurs freins peuvent être anticipés :

- L'objectif de cet outil est de mettre en avant les risques opérationnels et de faire suivre de façon dynamique les actions correspondantes. Il peut parfois sembler décalé par rapport aux objectifs locaux et être mal ressenti. Il peut être vu comme une contrainte supplémentaire plutôt qu'une aide.
- Les experts impliqués peuvent avoir des habitudes d'analyse différentes. Aussi l'introduction et le déploiement de la démarche doivent intégrer l'assimilation par les acteurs de ce changement culturel.

- Cette démarche fait appel à une importante phase d'explicitation des connaissances des experts.
- Dans un cadre structuré, l'encadrement a en général prédéfini des objectifs par secteur d'activité. La méthode doit remporter l'adhésion hiérarchique par sa valeur ajoutée.

Pour lever ces freins potentiels, il est constaté que seul une pratique opérationnelle des AMDEC permet d'obtenir l'engagement et l'adhésion de l'organisation au processus. Les pratiquants sont supportés lors de leurs travaux et la voie managériale est pour sollicitée. Dans notre organisation, nous avons traduit cela par :

- la création de réunion permettant la revue des indicateurs
- des groupes de travaux constitués d'un animateur process control et de relais issus de l'ensemble des groupes travaillant sur l'appareil de production.

Ces correspondants ont en charge le déploiement et la diffusion de la méthode au sein de leur groupe. Les revues régulières, hebdomadaires sont réalisées avec ces contacts. L'avancement de la percée de la méthode au sein de chaque groupe est particulièrement suivi lors de ces réunions. Le statut des actions identifiées pour réduire les risques y est également revu. Un plan de formation adapté est proposé, il est constitué d'au moins deux modules (2*4 heures). Le premier module concerne l'approche globale AMDEC, le second permet d'entrer dans les détails de la méthode.

La régularité de ces rencontres et la revue systématique des indicateurs et des actions sont les deux points clefs pour lever les freins organisationnels et individuels.

3.2 Management : structure de régulation

Adhésion du management : La mise en place d'une telle structure est assez lourde et requiert l'appui de l'ensemble du management. Pour que les actions soient relayées et suivies dans les différents ateliers, une priorité doit leur être donnée. Aussi le management local doit être fortement impliqué et moteur. Pour obtenir leur adhésion la méthode doit absolument être une aide opérationnelle. Pour cela, nous employons des synthèses, à différents niveaux de granularité, montrant les risques de chaque zone est donc nécessaire. Les managers d'ateliers attendent un rapport montrant les risques de leur section. Ils doivent aller dans le détail et comporter les actions associées aux risques. Pour les managers ayant un champ de responsabilité plus important, les synthèses donnent une vue de l'ensemble des risques encourus dans l'usine. Un extrait est présenté figure 5.

Conduite des analyses : Il reste cependant les analyses à mener. Pour obtenir des résultats deux modes de fonctionnement sont employées. Le premier conduit les acteurs à trouver leur

intérêt à fournir leurs projections sur l'état de l'appareil de production vis-à-vis des risques opérationnels. Cette opération n'est pas impossible, car les risques trouvés reflètent les problèmes rencontrés par les acteurs dans leurs opérations quotidiennes. Aussi, les actions relatives à ces risques sont appuyées par le management et sont un moyen de focaliser les fournisseurs et les équipes sur des questions technique réellement prioritaires. Le second se base sur le pouvoir d'analyse du management lui permettant de façon cohérente de mieux appréhender les risques et ainsi la possibilité d'une intégration naturelle dans les objectifs du secteur. L'outil de revue des indicateurs va leur permettre de suivre l'évolution des analyses, en veillant au respect de règles élémentaires pour que les documents créés contiennent les informations pertinentes relatives aux métiers des experts. Les indicateurs de performance d'un secteur donné doivent être en cohérence avec les AMDEC. Dans le cas contraire, le manager doit demander une révision des analyses.

La coopération des acteurs est donc envisagée suivant deux modes, l'un basé sur la volonté des acteurs et l'autre assuré par l'implication managériale. L'objectif est de passer d'un mode réactif à un mode proactif où les problèmes sont traités par anticipation.

3.3 Outil : synthèses des analyses

Un élément à analyser peut contenir jusqu'à une quinzaine de sous-ensembles qui peuvent également contenir chacun une trentaine de risques. L'appareil de production comporte plus de deux milles éléments. L'analyse systématique et l'extraction d'informations pertinentes pour les synthèses ne peuvent se faire manuellement. Cela nécessiterait de parcourir régulièrement $\sim 15 \times 30 \times 2000 = 900000$ risques. Un outil support est donc indispensable.

Tout comme le soutient [Puran Luthra, 1991] les explicitations des connaissances d'experts doivent être outillées. La pratique montre qu'un outil agréable n'est pas utilisé s'il ne sert à rien. Pour la construction du démonstrateur le choix retenu est de focaliser l'outil sur la finalité de la méthode qu'il soutient : orienter les forces de travail vers les zones à risque. Il a été conçu de telle manière à fournir les informations nécessaires pour permettre au management d'effectuer son rôle de régulation. Il est composé de quatre parties :

- 1) La première analyse fournit l'ensemble des risques et actions associées identifiés, dont la gravité est supérieure au seuil défini.
- 2) La seconde fournit une synthèse visuelle et quantifiée des zones à risques de l'usine, voir figure 5.
- 3) La troisième met en regard, à un certain niveau d'agrégation, la comptabilisation des événements relatifs au risque opérationnel traqué et l'état des analyses.
- 4) L'outil contient un quatrième volet, intégré aux deux premiers, qui traque le mauvais respect des règles d'analyses.

La construction des synthèses applique les règles suivantes :

- R1 : Un atelier est considéré comme risqué s'il possède au moins un risque sans action associée et dont la gravité est supérieure au seuil.
- R2 : Les analyses de l'atelier sont considérées comme devant être revues, les actions prévisionnelles ne sont pas quantifiées en terme de gravité.
- R3 : Un atelier est considéré comme risqué s'il n'a pas commencé les analyses.

Les algorithmes de traitement sont réalisés dans un démonstrateur en VBA sous Excel. Les fichiers traités sont au format xls.

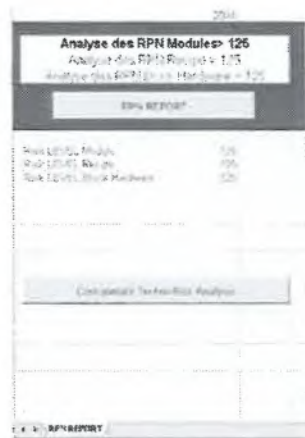


Figure 4. Copie d'écran de l'outil de synthèse.

Les tableaux de bords, voir un extrait figure 5 sont suivis de manière hebdomadaire par l'ensemble du management du site.

3.4 Statut du déploiement & résultats

Le déploiement est actuellement en cours sur l'usine de CROLLES2. Il est axé dans sa phase initiale sur la recherche de sources de non conformités et de rebus. Tous les ateliers sont impliqués dans l'action. A terme, plus de 500 ingénieurs seront utilisateurs et acteurs dans le processus d'analyse. Cette démarche est présentée comme une évolution dans le processus qualité qui classiquement s'arrête à la fourniture de documents AMDEC sans analyse synthétique. Ces rapports peuvent être revus par les clients. Les grilles de trois autres types de risques opérationnels sont actuellement en cours d'analyses : le temps de cycle, le coût et la sortie de prototypes R&D.

4. Synthèses sur la gestion des connaissances

4.1 *Vers une confortation d'un cadre structurant.*

Les risques, leurs cotations et actions associées sont la traduction du savoir-faire industriel. Ces travaux permettent l'explicitation et l'utilisation des connaissances métier pour orienter les actions vers les zones nécessitant des améliorations. C'est pourquoi ces réflexions autour des AMDEC soulignent des questionnements centraux en gestion des connaissances. Comment intégrer le contexte ? Comment favoriser l'explicitation ? Comment obtenir des connaissances opérationnelles ? Comment intégrer les évolutions des connaissances ? Quelle métrique choisir ? Comment utiliser la métrique ?

La méthode pose un contexte métier assez rigide permettant de structurer les analyses et de les focaliser sur les informations pertinentes vis-à-vis des opérations. Toute la démarche présentée et déployée vise à favoriser l'obtention des informations pertinentes. La démarche s'appuie sur l'engagement du management pour faciliter l'explicitation des connaissances d'experts. L'utilisation opérationnelle des analyses de risques atténue la difficulté de la phase d'explicitation pour les experts. Cela ne se produit que si les analyses et les actions trouvées ont un intérêt pour eux. La constitution de grilles adaptées aux opérations permet d'obtenir des connaissances opérationnelles. La confrontation des analyses et des occurrences des risques permet l'amélioration des connaissances. Ainsi rendues pertinentes, les connaissances servent à faire émerger les problèmes de terrain au niveau de l'organisation. Elles sont, par ce biais, utilisées opérationnellement. L'évolution des connaissances en fonction des événements assure la constance du niveau de pertinence. Leur utilisation peut être continue dans le temps. Les métriques permettent d'évaluer les points importants des secondaires. Elles sont au cœur de la construction des synthèses utilisées par le management. Elles supportent ainsi l'appui managérial par la promotion d'une vision qui est la clef de succès du déploiement.

Ainsi, la démarche outillée proposée basée sur les AMDEC reprends et met en mouvement l'ensemble des activités nécessaires pour gérer informations pertinentes : Repérer, Préserver, Valoriser, Mettre à jour et Manager [Gründstein, 2001], [Bassetto et Al., 2004].

4.2 *Sur l'apport de ces analyses*

Le cadre directeur de la gestion des connaissances a servi de fil rouge dans l'ensemble des développements relatifs au process control. Ayant un impact transversal dans l'organisation, l'outil d'aide à la décision a dû appliquer les préceptes évoquées précédemment afin d'être déployé.

Le succès rencontré par cette méthode outillée suggère que la gestion des connaissances peut et doit être très concrète par son application à des problèmes opérationnels. Dans le cas contraire, elle passe pour de la gestion documentaire. Figurer le contexte et instancier les activités

de gestion des connaissances est donc indispensable. Un outil apportant les informations pertinentes à jour aux différents acteurs et mettant en lumière les zones d'opacité doit venir conforter cette instantiation. Un appui hiérarchique impliqué doit venir supporter le tout. L'ergonomie logicielle est alors un plus permettant d'aller dans le sens de l'explicitation et de l'utilisation aisée.

Ainsi supportés, les experts peuvent restituer leurs connaissances et les appliquer directement à la résolution des problèmes relatifs à leurs risques opérationnels.

5. Conclusion

Cet article présente la constitution et le déploiement d'une méthode outillée employant les connaissances d'experts dans un objectif de réduction des risques opérationnels d'une usine de recherche et production de semi-conducteurs. La démarche s'appuie sur une analyse systématique des risques. Cette étape d'explicitation des connaissances des experts reste un nœud dur. Elle est facilitée par le fait que l'ensemble des efforts ainsi réalisés aideront à résoudre leurs problèmes quotidiens.

Pour cela, il est nécessaire de faire ressortir comme prioritaire les risques liés aux opérations et de paramétrer une grille de cotation adaptée. Un outil support doit permettre de montrer les zones à risques, tant par le mauvais remplissage des analyses et donc la création de zones d'ombre que par des risques effectifs, en cours de traitement.

Enfin l'implication hiérarchique, informé à différents niveaux par les informations pertinentes issues d'un outil de synthèse, facilite la cohérence et la définition des priorités d'action. L'ensemble de ces analyses n'est valable dans le temps que si elles contiennent des connaissances à jour. Ce critère est obtenu si elles sont mises à jour dynamiquement en fonction des événements opérationnels qui surviennent dans l'appareil de fabrication.

Le système ainsi « vivant » constitue la base des connaissances opérationnelles d'une usine et peut se décliner en termes de plan de surveillance et de gestion d'actions.

6. Bibliographie

- Barry T. McKinney, FMECA, The right way, Proceedings Annual Reliability and maintainability Symposium, 1991
- Bassetto S, Siadat A, Martin P, A knowledge management framework applied to relevant information discovery and reuse, Proceedings 4th CIRP ICME, Naples 2004
- Gardoni M. Synthèse des travaux de recherche, présentation GDR MACS, Aix en Provence, Octobre 2004
- Gary DePinto, Managing Factory Risk to Improve Customer Satisfaction, Semiconductor International 1997

Gründstein M. Zacklad M., Management des connaissances, modèles d'entreprise et applications, Hermes sciences, ISBN 2-7462-0235-2

Hervé Garin, AMDEC/MADE/AEEL, L'essentiel de la méthode, Collection A SAVOIR, ISBN, 2-12-475013-5, 1994

John B. Bowles, An assesement of RPN Prioritization in a Failure Modes Effects and Criticality Analysis, Proceedings Annual Reliability and maintainability Symposium, 2003

Puran Luthra, FMECa : An integrated Approach, Proceedings Annual Reliability and maintainability Symposium, 1991

QS-9000, Potential Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) reference manual, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, 1993

Rick Whitcomb, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) System Deployment in a Semiconductor Manufacturing Environment, IEEE/SEMI 1994

Robert Trahan, Anthony Pollock, Using an Inverted FMEA to Manage Change and Reduce Risk in a FAB, IEEE 1999

Annexe

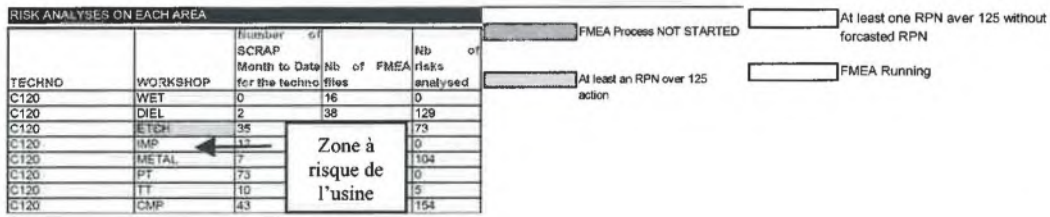


Figure 5. Extrait de l'outil de synthèse, montrant les zones à risques au niveau de l'usine.