

MISE AU POINT DE METHODES D'APPRENTISSAGE POUR AMELIORER ET ACCELERER LA MONTEE EN COMPETENCE DE SPECIALISTES

¹NDIAYE Halimatou – ²CASTRIC Sébastien – ²CHERFI Zohra –
³HUCHETTE Michael – ¹SCHIMMERLING Paul

¹Renault SA
Renault Technocentre TCR LA RUCHE 2
1, avenue du golf – 78288 Guyancourt Cedex 2
01 76 82 81 74 – halimatou.ndiaye@renault.com

²Laboratoire Roberval UMR 7337
Université de Technologie Compiègne
Centre de Recherches de Royallieu
BP 20529 – 60205 COMPIEGNE Cedex France

³ENS Cachan
UMR Sciences Techniques Education Formation – ENS de Cachan
Bât Cournot 61 av du Président Wilson 94235 Cachan cedex

Résumé : Les méthodes d'optimisation, d'ingénierie robuste, de fiabilité et de statistique sont de plus en plus présentes dans le monde de l'entreprise. L'emploi de ces techniques nécessite des compétences spécifiques à acquérir, ce qui nécessite du temps et un investissement important. L'objectif de la recherche décrite dans cet article est de définir une démarche pour mettre en place des méthodes de formation et d'accompagnement pour monter en compétence des spécialistes en ingénierie robuste, fiabilité et statistique. Cette recherche se déroule chez le constructeur Renault SA. Notre approche repose sur la formalisation par des experts de problèmes posés par un client pour illustrer les méthodes et les savoir-faire techniques nécessaires.

Abstract: The methods of optimization, robust engineering, reliability and statistics are increasingly present in the world company. The use of these techniques requires specific skills to be acquired, which requires time and significant investment. The objective of the research described in this paper is to define an approach to develop training and coaching methods to raise level competence of optimization, robust engineering, reliability and statistics specialists.

This research is running at the manufacturer Renault SA

Our approach is based on the expert formalization of problems raised by the client, to illustrate the methods and necessary technical know-how.

Mots clés : formation, expert, spécialiste, problème, optimisation, ingénierie robuste, fiabilité, statistique

Keywords: training, expert, specialist, problem, optimization, robust engineering, reliability, statistic

A. Introduction

Le déploiement des méthodes d'optimisation, d'ingénierie robuste, de fiabilité et de statistiques présente un intérêt stratégique dans le monde de l'entreprise et le constructeur RENAULT SAS y est particulièrement attentif.

Dans le cadre de l'ingénierie automobile, ces méthodes ont prouvé leur efficacité pour :

- Optimiser les prestations des véhicules en amont en couplant les méthodes d'optimisation, et d'ingénierie robuste avec la simulation numérique.
- Améliore la robustesse des systèmes en les rendant plus insensibles aux perturbations d'usage et à la dispersion de fabrication. Cette maîtrise devient critique pour les systèmes innovants pour lesquels aucun retour d'expérience n'est disponible : en particulier le groupe motopropulseur électrique, les systèmes d'assistance à la conduite, les systèmes de dépollution.
- Prévoir la fiabilité en clientèle, à fort kilométrage en amont, en exploitant des résultats d'essais sur des composants et des simulations numériques

La mise en œuvre de ces méthodes nécessite une compétence pluridisciplinaire qui est longue et coûteuse à acquérir. Le tutorat, à priori indispensable, dans ce processus de montée en compétence, consomme des ressources d'expertise peu disponibles et a une efficacité variable. En conséquence, le déploiement des méthodes est actuellement freiné par la rareté des spécialistes capables de les appliquer et d'assurer un support technique pour accompagner les opérationnels.

Le travail présenté ici se situe dans ce contexte industriel. L'objectif est d'étudier la mise au point de méthodes de formation et d'accompagnement pour accélérer et améliorer la qualité de la montée en compétence de spécialistes dans les trois domaines cités ci-dessus, optimisation, ingénierie robuste, fiabilité/statistique.

Cette recherche doit fournir des méthodes et des supports (processus de formation et d'accompagnement, tutoriaux, outils de simulations de problèmes réels) permettant à court terme d'accélérer la montée en compétence de spécialistes et garantir une qualité homogène de formation.

Les méthodes que nous serons amenés à développer s'appuient sur les formations existantes et auront pour but à terme soit de les améliorer, soit de les compléter, soit de les remplacer.

Une des originalités de ce travail de recherche est que l'ensemble des méthodes étudiées (optimisation, ingénierie robuste, fiabilité/statistique) font toutes appel à des fondements statistiques. Notre objectif est également de rendre accessible une expertise scientifique pointue :

- **L'ingénierie robuste** : elle vise à rendre un système moins sensible aux facteurs de perturbation comme les aléas de fabrication et d'environnement, de tel sorte que le produit fonctionne bien en toute circonstance. Parmi les méthodes associées nous pouvons citer les plans d'expériences.
- **La fiabilité expérimentale et prévisionnelle** : elle a pour but de prévoir la fiabilité future en clientèle à partir de résultats d'essai, de simulation et de calcul ; d'assurer la fonction du système dans des conditions de maintenance

et de garantie. Parmi les méthodes associées nous pouvons citer l'analyse de Weibull

- **La fiabilité opérationnelle** : elle a pour but d'estimer et de caractériser la fiabilité des systèmes automobiles en service à partir de retour clients dans les réseaux de maintenance et de réparation. Parmi les méthodes associées nous pouvons citer l'approche « Is/Is not »
- **Les statistiques** : Elles peuvent intervenir pour la prise de décision par exemple. Parmi les méthodes associées nous pouvons citer l'approche, l'utilisation des tests d'hypothèse.

L'emploi de ces méthodes implique des compétences importantes qui sont la conséquence d'un apprentissage souvent long et la plupart du temps lié à un tutorat fait par un ou des experts. Avant de développer plus en avant une approche de la montée en compétences, nous explicitons ci-dessous les difficultés liées à l'apprentissage des méthodes statistiques.

B. Les difficultés de l'apprentissage des méthodes statistiques appliquées à l'ingénierie

Les statistiques interviennent dans les trois domaines cités précédemment. Un des objectifs est de faire acquérir aux futurs spécialistes les compétences nécessaires afin d'établir la stratégie de résolution d'un problème donné à l'aide des méthodes statistiques.

La stratégie doit définir l'ensemble des actions à réaliser pour résoudre le problème : formulation d'hypothèses de causes, choix des méthodes statistiques à mettre en œuvre et le plan d'études et recherches associées.

La première étape est de savoir extraire les informations pertinentes de la formalisation brute du client et des données disponibles.

En psychologie cognitive une des difficultés constatée de l'extraction des connaissances est le décalage entre les intentions exprimées par verbalisation et l'attente réelle [Jean Michel HOC].

Ces données peuvent se présenter sous la forme d'un graphe, d'un diagramme, d'un résultat ou des verbatims échangés avec le client.

1. La reconnaissance du type de problème

L'expérience montre que les problèmes d'ingénierie faisant appel aux statistiques ont une typologie. Un problème de fiabilité ne ressemble pas à un problème d'ingénierie robuste ou à un plan d'échantillonnage. La reconnaissance du type de problème est une affaire d'expertise. Le spécialiste doit à partir de la formalisation brute du problème et des données disponibles reconnaître le type de problème. Cela conduit nécessairement à déterminer les traits caractéristiques d'un type de problème donné en ayant préalablement assimilé les fondements des méthodes. Nous parlerons de démarche de résolution de problèmes.

2. Préciser la démarche de résolution du problème

Dans le cadre de notre étude, résoudre un problème signifie répondre à une préoccupation ou à une question posée soit en développement soit en vie série.

La vie série d'un véhicule est la période de production de celui-ci dans les usines. Durant cette période, les défaillances intervenant sur les véhicules déjà commercialisés sont prises en compte afin d'améliorer la qualité du produit, réduire le coût de production et aussi l'adapter aux exigences du marché.

En vie série le problème sera focalisé sur la recherche de la cause d'incident et la mise au point d'une solution. Il est important dans ce cas de partir sur les faits observés et non sur une interprétation.

En développement les questions statistiques peuvent extrêmement être diverses. Exemple : le nombre de véhicule à tester pour confirmer la fiabilité ; la détermination des facteurs les plus influencés par les bruits extérieurs aux systèmes ; la définition des essais nécessaires à la mise au point d'un moteur ou encore l'analyse de sensibilité d'un modèle etc.

Dans les deux cas on note des difficultés pour la reconnaissance et la mise en œuvre des méthodes, mais également des difficultés sur les savoir-faire techniques et organisationnels appropriés.

3. Eviter les pièges lors de la mise en œuvre de la démarche

L'expertise statistique intervient dans la mise en œuvre des méthodes pour éviter certains pièges. Les pièges statistiques peuvent amener à une mauvaise interprétation des données qui conduit à un diagnostic erroné du problème. Pour éviter ces pièges il est nécessaire de maîtriser les outils et d'acquérir certains réflexes.

Exemple : des proportions apparemment différentes ne le sont pas toujours. Par conséquent il est nécessaire avant toute conclusion de vérifier la significativité de la différence qui dépend de la taille de l'échantillon et du risque d'erreur fixé afin d'éviter des conclusions fausses.

4. Interprétation des résultats

Lors de la résolution d'un problème, on est conduit à analyser plusieurs types de données tels que des échantillons, des résultats, des graphes...

L'analyse statistique de ces données est une étape primordiale pour dégager le sens des données.

Exemple : l'apparition d'incidents à faible kilométrage peut laisser croire à une panne de jeunesse. Ce qui peut s'avérer fausse suite à une analyse de Weibull

5. Les difficultés de la formation en entreprise

En effet certaines méthodes statistiques s'appuient sur des théories mathématiques assez complexes nécessaires à la compréhension de ces méthodes et difficile à appliquer.

La tendance est plutôt de favoriser les formations ciblant la maîtrise d'une méthode, d'un outil d'aide au calcul, et non le choix de la méthode appropriée dans un contexte donné.

C. La démarche proposée

Dans la perspective d'élaborer des dispositifs de montée en compétence qui mettent l'accent sur les difficultés énoncées précédemment, la démarche que nous adoptons

consiste, dans une première étape de la recherche, à formaliser l'expertise statistique mise en œuvre dans la résolution de problème interne à Renault.

Il s'agit donc de recenser et caractériser des cas d'expertises statistiques. Les données recueillies sont à compléter par : les courriers électroniques échangés entre clients et experts, la prise de notes en réunion, les enregistrements audio des entretiens etc.

La position prise par la chercheuse est double : celle d'une assistante des experts et celle concernant la résolution en cours du problème et son historique. Cette première phase de la recherche est en cours, et la méthode indiquée ci-dessous en cours de mise au point. Nous donnons ci-dessous les axes d'analyses principaux et nous développons ensuite un exemple (la partie D).

L'objectif est de comparer la formalisation brute du client à celle de l'expert afin de mettre en évidence l'écart qui permettra d'identifier les traits caractéristiques, les notions, les pièges et les savoir faire technique, organisationnel nécessaires pour résoudre un type de problème

Pour mieux réussir les formalisations il est important d'avoir une certaine connaissance sur l'environnement des cas à étudier.

Pour qu'il y ait formalisation, il faut certes un formalisme, mais il faut surtout un minimum de connaissance de la structure des objets à formaliser, afin d'évaluer la pertinence du formalisme [Jean Michel HOC]

1. Formalisation du cas brut

Cette étape décrit la démarche de résolution des acteurs avant l'intervention de l'expert.

2. Formalisation de l'expert

Cette deuxième étape décrit le raisonnement idéal de l'expert. La comparaison de la formalisation de l'expert à celle des acteurs permet de mettre en évidence les étapes facultatives de la démarche adoptée par ces acteurs. Elle est constituée de cinq phases. L'expert est un opérateur humain qui a élaboré des connaissances spécifiques en quantité importante, mais surtout opérationnelles pour l'action dans un certain domaine de tâches accessibles dans le contexte d'une activité professionnelle [Jean Michel HOC]

➤ **Phase 1 : La demande brute**

Elle correspond au premier contact avec le client pour exposer son problème.

Ce contact a lieu par le biais d'un entretien téléphonique, d'un mail ou d'une entrevue.

➤ **Phase 2 : Clarification et reformulation du problème**

La demande brute est souvent imprécise ou floue ou partielle, afin de mieux clarifier le problème, d'autres entrevues suivent pour clarifier la demande, récupérer des données manquantes et aussi s'assurer que les propositions du client correspondent bien à son objectif.

➤ **Phase 3 : Reconnaissance du type de problème**

Cette étape nécessite des compétences dans les différentes disciplines citées dans le contexte, afin de construire le schéma méthodologique approprié au problème posé.

Pour reconnaître le type de problème, l'expert se base sur des signes caractéristiques tels que les mots clés, les graphes...

Cependant il faut s'assurer que les composants du schéma sont présents dans le problème.

➤ Phase 4 : Sélection d'un schéma méthodologique

Après avoir identifié le type de problème, l'expert repère un schéma méthodologique associé à ce type de problème. Le schéma méthodologique illustre de manière synthétique le type de problème en précisant les différents paramètres en jeu ce qui permet d'avoir une vision globale des éléments du problème à documenter (exemple ci-dessous).

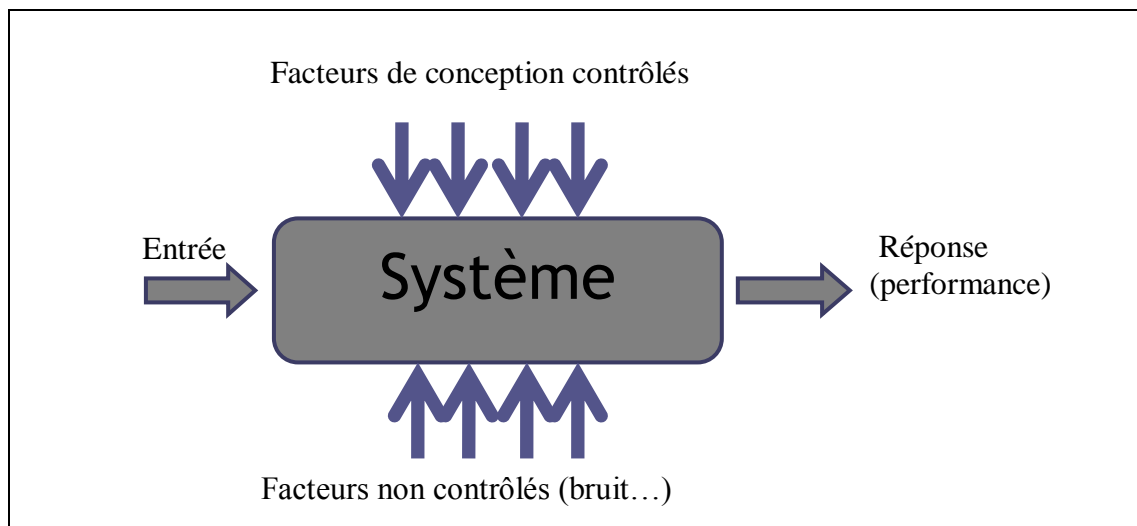


Schéma méthodologique : P-Diagramme en ingénierie robuste

Le P-Diagramme est un schéma méthodologique qui permet d'identifier les différents paramètres (Entrées, facteurs contrôlés, non contrôlés et la réponse) du problème à résoudre

➤ Phase 5 : Proposition d'une stratégie de résolution de problème

L'expert proposera une stratégie de résolution en s'appuyant sur le schéma méthodologique. Les trois premières phases conduisent au choix d'une modélisation statistique. Pour effectuer cette modélisation il est utile de mobiliser du savoir-faire technique, organisationnel et conceptuel.

D. Un exemple de cas d'expertise

➤ Phase 1 : La demande brute

Objectif : Trouver la cause de ratés d'allumage du moteur M1

Contrainte : Délai de résolution de quelques mois

Information : Problème constaté sur 2 indices moteurs (2 moteurs qui ont une définition technique très proche)

Données : Courbe de Weibull caractérisant le taux d'incident en clientèle ;
 Courbes de K‰ montrant des taux différents pour les indices de moteurs M1 et M2
 Le K‰ est le nombre de véhicules incidentés sur mille

➤ **Phase 2 : Clarification et reformulation du problème**

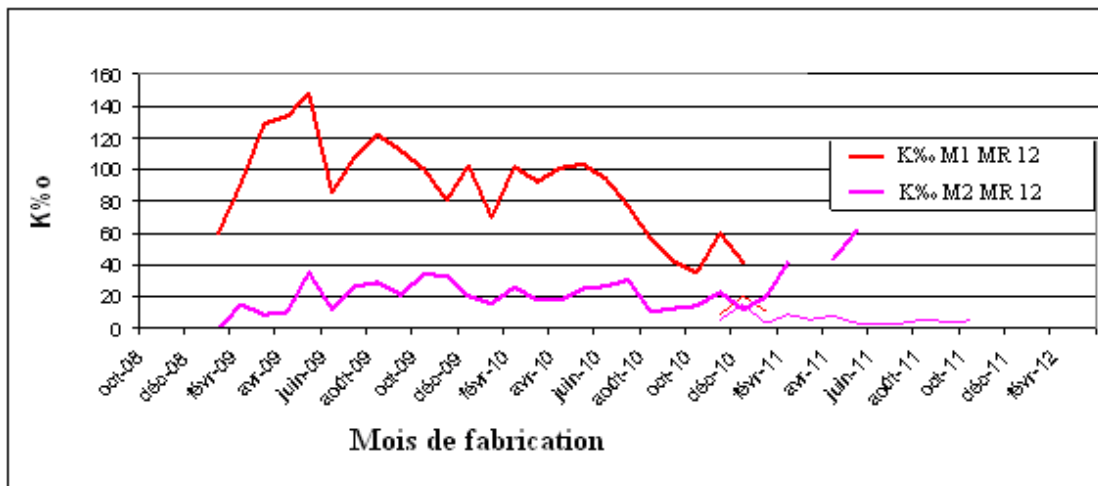
➔ **Clarification**

Reflexe 1 : *Les ratés d'allumage sont-elles un fait observé ou une interprétation ?*

Non le fait observé est un pic d'allumage d'un voyant d'alerte sur le tableau de bord. Le terme « raté d'allumage » est une interprétation et non un fait observé.

Reflexe 2 : *Les différences de K‰ entre les deux indices sont-elles significatives ?*

Suite à un test de comparaison, il s'avère que la différence n'est pas significative donc seul un moteur est concerné.



K‰ allumage voyant des moteurs M1 et M2

Savoir organisationnel : Savoir à qui s'adresser pour effectuer le test statistique.

➔ **Reformulation**

Il s'agit de trouver les causes d'allumages du **voyant** (et non des ratés d'allumage du moteur).

➤ **Phase 3 : Reconnaissance du type de problème**

➔ **Traits caractéristiques :**

Le problème apparaît ou disparaît sur des définitions techniques très proches : C'est le trait caractéristique de la méthode IS/IS NOT proposée par Kepner Tregoe
 Problème vie série (on dispose de retour réseau) et non de développement ;

➔ **Type de problème :** fiabilité opérationnelle qui conduit à analyser statistiquement des indicateurs fiabilité de l'entreprise avec des méthodes connues : analyse de Weibull, comparaison de K‰

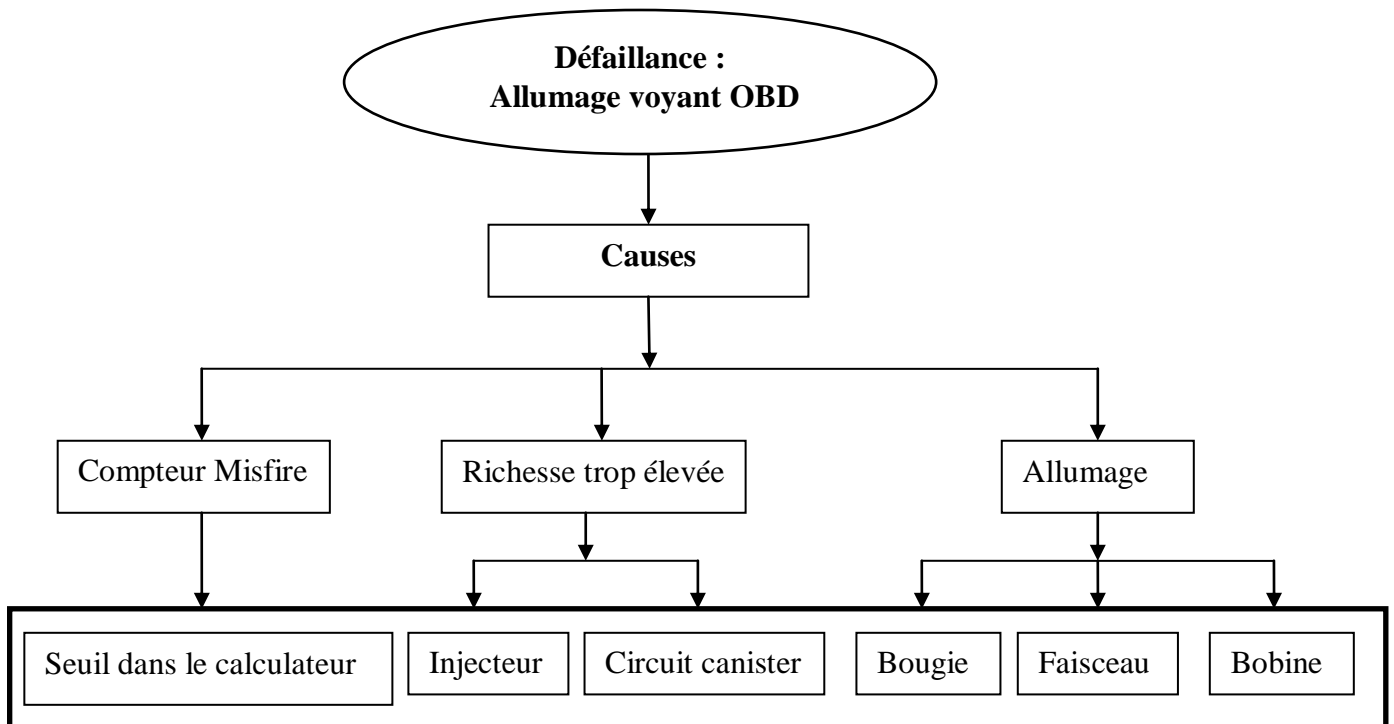
➤ **Phase 4 : Sélection d'un schéma méthodologique**

Le schéma méthodologique sélectionné dans ce cas est la méthode IS / IS NOT associée à un arbre de défaillance. Le IS / IS NOT est une méthode performante pour résoudre des problèmes qui apparaissent parfois et disparaissent. Elle s'applique entre un objet fiable et un objet incidenté mais qui à la base sont très proches. Le couplage IS / IS NOT & arbre de défaillances permet de recenser les causes par un arbre structuré et d'éliminer des causes ou des branches entières en appliquant les deux principes ci-dessous du IS / IS NOT.

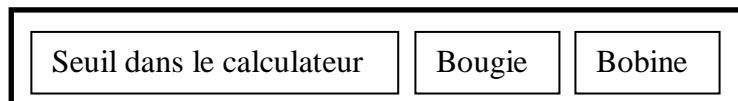
1^{er} principe : « une différence entre un système fiable et un système non fiable est une cause possible du problème »

2^{ème} principe : « les causes imaginées doivent expliquées toutes les différences. Si ce n'est pas le cas, on l'élimine »

➤ Phase 5 : Proposition d'une stratégie de résolution de problème



La majorité des causes retenues dans l'arbre de défaillance, sont éliminées par la méthode IS/IS NOT : l'injecteur, le circuit canister et le faisceau car elles sont identiques pour les deux indices moteurs.



La méthode IS/IS NOT montre que la bougie et la bobine sont différentes pour les deux indices de moteur. Leur remplacement ne diminue pas le taux de K % de l'allumage voyant mais ne résout pas le problème. Ces pièces ne sont donc pas à l'origine du problème.



C'est la seule différence entre la définition technique qui marche et celle qui ne marche pas susceptible d'être à l'origine du problème. En corrigeant le réglage du seuil le problème a été effectivement résolu

E. Conclusion et perspectives

Le constructeur automobile Renault compte une équipe transverse qui donne des formations internes, qui est aussi sollicitée par les différents départements sur les problèmes d'ingénierie robuste, de fiabilité, de statistique et d'optimisation.

L'objectif de cette thèse est de mettre en place des méthodes de montée en compétence efficaces et rapides afin d'élargir l'effectif des spécialistes sur ces domaines.

Pour y parvenir nous avons été amenés à formaliser des cas d'expertise pour dégager les savoir-faire techniques, organisationnels et les méthodes nécessaires à la résolution de problème d'ingénierie robuste, de fiabilité, de statistique et d'optimisation. Ces méthodes et savoirs permettront de mettre en place un dispositif de formation, des tutoriels et des supports d'accompagnement pour la montée en compétence de spécialistes.

Références :

[PILLET 2004] PILLET M., Six sigma. Eyrolles, p. 41-48. 2004.

[PILLET&BERNARD 2001] QUALITA Esia, p.40-47. 2001.

[AVRILLON 2005] AVRILLON L., Thèse « Démarche de résolution de problèmes qualité dans le cadre de produits nouveau de haute technologie » 2005.

[HOC 1991] HOC Jean-Michel « L'extraction des connaissances et l'aide à l'activité humaine » Intellectica, 1991/2, 12 pp.33-64

[ACADEMIE DE CREREIL] Académie de Créteil, Pratiques de consultants « articles et études de cas » 1997.

[BESSE 2011] BESSE P., Cours « Apprentissage statistique,» 2011.