

Maîtrise de la métrologie dans un projet de recherche scientifique

Direction de projet
CALISTE Jean Pierre

Auteurs :
BOUSBIAT Sana
CITEAU Morgane

CP13 – Démarche qualité en recherche
01/07/2010

Université de Technologie de Compiègne
BP 60319
60203 Compiègne CEDEX France
Téléphone (33) 03 44 23 44 23 Télécopie (33) 03 44 23 43 00
Site : www.utc.fr

SOMMAIRE

Introduction.....	3
Chapitre 1.....	4
1. Contexte.....	4
1.1. Petit Historique.....	4
1.2. Organisation internationale et nationale.....	4
1.4. Arborescence des normes de métrologie.....	6
2. Problématique.....	7
3. Objectif et critères de réussite du projet.....	9
Chapitre 2.....	10
1. Le processus de confirmation métrologique.....	10
1.1. Planification du processus de confirmation métrologique.....	10
1.2. Processus de confirmation métrologique détaillé.....	11
1.3. Diagramme des risques et alternatives du processus.....	13
1.4. Cartographie du processus de confirmation métrologique.....	13
2. Risque projet et solution envisagée.....	14
Chapitre 3.....	16
1. Les processus de l'Assurance Qualité Instrumentale.....	16
1.1. Disponibilité des équipements.....	16
1.2. Gestion des ressources humaines.....	17
1.3. Gestion documentaire des équipements.....	18
1.4. Conditions environnementales.....	20
1.5. Pilotage du processus d'assurance qualité instrumentale.....	22
2. Cartographie matricielle du processus d'assurance qualité instrumentale.....	22
Chapitre 4.....	25
1. La mise au point de l'outil d'autoévaluation.....	25
2. Application de l'outil d'autodiagnostic.....	28
2.1. Laboratoire A.....	28
2.2. Laboratoire B.....	29
Conclusion.....	30
Bibliographie.....	31
Annexe 1. FD X 07-008 Arborescence des normes relative à la métrologie.....	33
Annexe 2 : Présentation des outils qualités.....	35

Introduction

« Si vous pouvez mesurer ce dont vous parlez, et l'exprimer par un nombre, alors vous connaissez quelque chose de votre sujet. Si vous ne le pouvez, votre connaissance est d'une bien pauvre espèce et bien incertaine »

(Lord Kelvin)

Ainsi afin d'approfondir la connaissance dans un objet ou phénomène, de prendre une décision, de prévoir le risque, et enfin d'agir, il est nécessaire de recourir à la mesure. Cependant pour des raisons diverses (précision du matériel, erreurs de l'utilisateur,...), son résultat n'est pas une représentation entièrement juste. La grandeur mesurée s'accompagne alors d'une valeur d'incertitude qui quantifie la partie non maîtrisée de la connaissance. L'ensemble des techniques et des savoir-faire qui permettent d'effectuer ces mesures et d'avoir une confiance suffisante dans leurs résultats constitue la métrologie. Cette dernière est définie comme la science de la mesure, qui embrasse tous les aspects aussi bien théoriques que pratiques se rapportant aux mesurages, quelle que soit l'incertitude de ceux-ci, dans quelque domaine de la science et de la technologie que se soit (*NF X 07-001 Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* [1]).

Chapitre 1

1. Contexte

1.1. Petit Historique

« Pour qu'il n'y est plus deux poids, deux mesures » (1779, Cahier de doléances)

Un besoin de réglementer et d'unifier le système de mesure remonte à la plus Haute Antiquité. Dans un contexte de multiplication des transactions commerciales, de l'évolution des technologies et de la production, d'une demande de justice sociale, et pour faire face à la multitude des unités de mesure, il est apparu nécessaire de définir un vocabulaire et des outils de mesure communs et durables. Dans le cadre de l'intérêt générale (loyauté des transactions, sécurité des personnes, protection de l'environnement et de la santé), l'intervention de l'Etat dans la réglementation a donné lieu à ce que l'on définit comme la métrologie légale [1].

Différentes lois ont posé les bases d'un système de mesure commun [1]:

- Loi du 1^{er} Aout 1793 - système métrique décimal
- Loi du 18 Germinal An III (1795) - système métrique décimal
- Loi du 4 juillet 1837 - organisation du service des poids et mesures
- 1875 - Convention du mètre, création du BIPM (bureau international des poids et mesures)

Aujourd'hui, la globalisation des échanges, et les réglementations toujours plus strictes, font de la métrologie un paramètre important dans les enjeux à la fois scientifiques, technologiques, économiques et sociaux. Pour illustrer les besoins continuels d'une harmonisation des systèmes de mesure, nous pouvons prendre l'exemple de la sonde spatiale Mars Climate Orbiter, destinée à l'étude météorologique de Mars. En septembre 1999, celle-ci s'écrasait sur la planète car les équipes participantes s'exprimaient dans des unités de mesure différentes : unité anglo-saxonne et système métrique.

1.2. Organisation internationale et nationale

On assiste à la création d'un environnement de coopération internationale dont les organisations en charge de la métrologie sont principalement :

- BIPM (Bureau International des Poids et Mesures), créée en 1875, et chargée d'assurer l'uniformité mondiale des mesures et leur traçabilité au système international d'unités [2].
- OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale), instituée par un traité en 1955, dont l'objectif principal est l'harmonisation des réglementations métrologiques nationales de ses membres (soit 113 Etats membres) [3],
- ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation), née en 1977, dont le but est de développer une coopération internationale permettant de faciliter le commerce par la promotion de test d'accréditation et de résultats de calibration [4],
- ISO (Organisation internationale de normalisation), organisation non gouvernementale constituée en réseau d'instituts nationaux de normalisation de 159 pays, qui produit et édite des normes internationales et fait le lien entre secteur public et privé [5].

A l'échelle nationale, les pays se dotent d'organismes chargés d'animer la métrologie, généralement un institut national soutenu par des organismes associés. Ainsi en France, depuis 2005, le LNE (laboratoire national de métrologie et d'essais) est en charge de la mission de pilotage de la métrologie, conciliant les activités de recherche et des prestations de raccordement à l'industrie. Dans le Tableau 1, première colonne, sont présentées les différentes directions du LNE. Cet organisme représente 50 % de l'ensemble des activités de conservation et de développement des références nationales. Les 50 % restant sont répartis entre trois laboratoires nationaux (CEA, CNAM, Observatoire Paris) et six laboratoires dits associés (LADG : laboratoire Associé de Débitométrie Gazeuse, CETIAT : Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques, ENSAM : Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris, IRSN : Institut de Radioprotection et de sûreté Nucléaire, OB : Observatoire de Besançon, LPMO : Laboratoire de Physique et de Métrologie des Oscillateurs). Enfin le LNE est aidé par un comité de la métrologie. Le tableau 1, seconde colonne, présente la composition du comité. Ce dernier examine les propositions des différents acteurs de la métrologie française pour définir des priorités, évaluer la pertinence des projets et suivre les résultats obtenus. Ces propositions et avis sont ensuite adressés à la direction du LNE qui est chargée de leur mise en œuvre [5].

LNE Laboratoire national de métrologie et d'essais	Comité de métrologie (14 membres)
<ul style="list-style-type: none"> → DDC : Direction du Développement et de la Certification → CMI : Centre Métrologie Instrumentation → CME : Centre de Métrologie Electrique → DRST : Direction de la Recherche Scientifique et Technologique → CQPE : Centre de Qualification des Produits et Equipements → CEMAT : Centre Energie Matériaux et Emballages → Autres directions 	<ul style="list-style-type: none"> → LNE (CMI et CME) → Observatoire de Paris (SYRTE : Système de Références Temps-Espace) → CNAM (INM : institut National de Métrologie) → CEA (LNHB : Laboratoire national Henri Becquerel) → CNRS → Ministère de la recherche → Ministère de l'industrie → 7 personnalités scientifiques et industrielles.

Tableau 1. Organisation nationale des laboratoires de métrologie.

1.4. Arborescence des normes de métrologie

Sur sagaweb, 994 documents (FD, NF, ISO, XP...) se réfèrent à la métrologie. Le document FD X 07-008 [7] notamment, présente l'arborescence de normes et travaux sur la métrologie. Le diagramme, tirée du document et présenté dans l'annexe 1, permet d'avoir une vue synthétique de l'ensemble de normes d'intérêt du domaine de la métrologie. Celles-ci se répartissent suivant différents éléments qui influencent la maîtrise du processus de mesure : la matière, le milieu, les moyens, les méthodes avec les apports de la traçabilité et de la validité, la main d'œuvre, la connaissance et le vocabulaire, afin d'obtenir un résultat de mesure dont les problèmes d'incertitudes, d'utilisation du résultat et les questions d'inter comparaison sont quantifiables.

2. Problématique

Afin de cadrer notre projet, un questionnaire a été réalisé sur la place de la métrologie dans la recherche. Les résultats sont récapitulés Tableau 2.

Tableau 2. Clarification de la problématique.

QQOQCP <i>Cadrer le problème</i>	Participants : Bousbiat Sana, Citeau Morgane	Ref : QQOQCP_2010 Date : 08/02/10 Lieu : UTC
Donnée d'entrée <i>Problématique générale</i>	La place de la métrologie dans un projet de recherche	
Qui ? <i>Qui est concerné par le problème ?</i>	<u>Emetteurs</u> Chercheurs scientifiques (doctorants, post doc...), Techniciens, Stagiaires <u>Récepteurs</u> Lecteurs et utilisateurs des données transmises	
Quoi ? <i>C'est quoi le problème ?</i>	Comprendre la signification du résultat d'une mesure.	
Où ? <i>Où apparaît le problème ?</i>	Dans le laboratoire de recherche lors de la préparation, la réalisation et l'analyse d'une expérimentation.	
Quand ? <i>Quand apparaît le problème ?</i>	Dans un projet de recherche (thèse, master, recherche industrielle, ou universitaire)	
Comment ? <i>Comment mesurer le problème et ses solutions ?</i>	Lors du traitement des résultats : - des incertitudes importantes, - des résultats surprenants, - une mauvaise reproductibilité et répétabilité des mesures	
Pourquoi ? <i>Pourquoi résoudre ce problème ? Quels enjeux quantifiés ?</i>	Assurer la pertinence de l'information apporter par le chercheur, permettant ainsi de : - faciliter l'exploitation et les échanges/transmission des informations, - augmenter l'efficacité du groupe de travail, - obtenir une reconnaissance dans le domaine scientifique, - assurer la poursuite du projet,	
Donnée de sortie <i>Question explicite et pertinente à résoudre</i>	Comment assurer la pertinence de l'information transmise au cours d'un projet de recherche ?	

L'intérêt du sujet s'est plus particulièrement porté sur la problématique d'assurer la pertinence de l'information apportée par une personne au cours d'un projet de recherche scientifique.

Afin de répondre à cette question un brainstorming a été organisé au sein d'une équipe de recherche. Les résultats ont ensuite été classés par affinité et représentés sous forme d'un diagramme causes/conséquence, Figure 1.

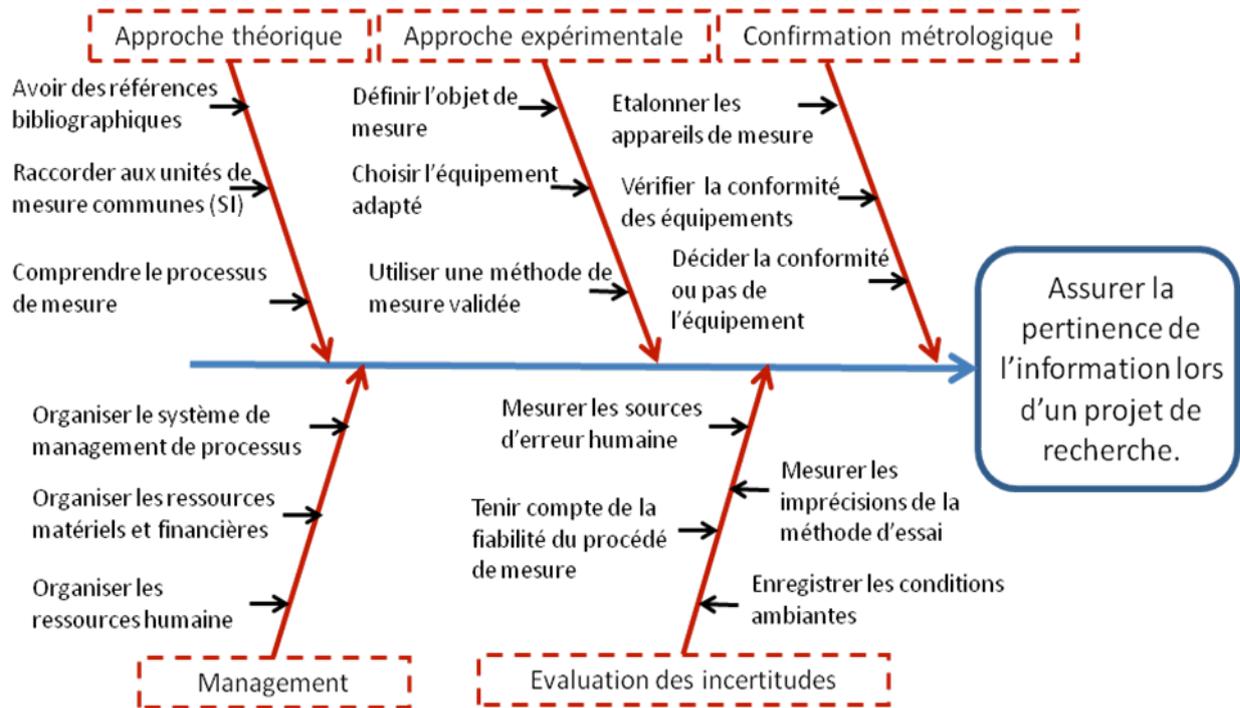


Figure 1. Les facteurs permettant d'assurer la pertinence des informations scientifiques transmises.

3. Objectif et critères de réussite du projet

Afin d'assurer la pertinence des résultats de mesures, le choix de l'étude s'est porté sur la démarche métrologique pour assurer De précédents travaux ont été réalisés dans cette optique (maîtrise des incertitudes de mesure, qualité d'un travail bibliographique, [8]...). Plus précisément, le projet est ciblé sur l'aspect étalonnage.

Afin que cette démarche soit réussie, elle doit :

- être applicable dans l'ensemble des domaines de la recherche en tenant compte de la diversité des processus de mesure,
- permettre le choix de mesures pertinents représentant de manière juste l'objet ou l'élément d'étude,
- permettre des mesures répétables, correctes, dont l'incertitude du résultat est quantifiée et minimale,

Dans le cadre de l'élaboration d'un projet de démarche qualité en recherche, nous avons choisi de traiter l'aspect métrologique. Comme il a été vu dans ce chapitre, la métrologie correspond à la science de la mesure et s'étend sur l'ensemble des domaines faisant appel au mesurage. Elle donne ainsi un sens à la mesure. Cette 1^{ère} partie a permis de définir la problématique du projet: comment assurer la pertinence de l'information transmise au cours d'un projet de recherche ? Nous avons alors choisi de répondre à cette question par l'étude de l'aspect de la confirmation métrologique.

Chapitre 2

1. Le processus de confirmation métrologique

Le processus de la confirmation métrologique est étudié dans ce chapitre. L'idée est de répondre par l'étude du processus et ses risques, aux attentes du public portant sur l'assurance de résultats pertinents.

1.1. Planification du processus de confirmation métrologique

Afin de structurer notre action, le processus de la confirmation métrologique a été représenté sous la forme d'une Planification Dynamique Stratégique (PDS), présenté Figure 2. A partir de la connaissance du besoin du public : garantir des résultats scientifiques pertinents, nous avons définis notre mission, et analysés nos forces et faiblesses pour sa réalisation. Enfin nous avons identifiés nos objectifs et le livrable qui serait fourni au public. Ce PDS a ainsi permis de proposer au public, un outil d'autoévaluation applicable dans les laboratoires de recherche.

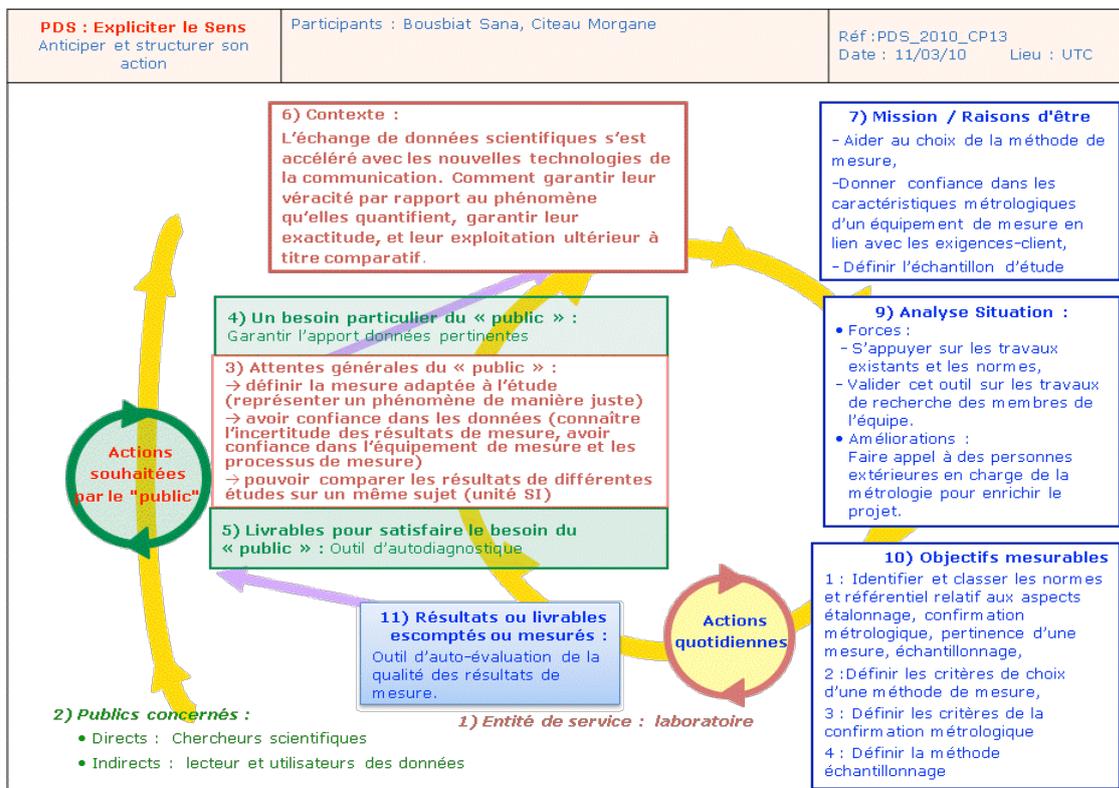


Figure 2. Planification stratégique dynamique du processus de confirmation métrologique

1.2. Processus de confirmation métrologique détaillé

La norme NF EN ISO 10012 [9] fournit des exigences génériques et des guides d'application pour le management des processus de mesure et pour la confirmation des équipements de mesure utilisés pour démontrer la conformité aux exigences métrologiques. L'article 7 de cette norme aborde l'aspect de confirmation, et permet de présenter le processus sous la forme d'un logigramme présenté Figure 3.

Le processus de confirmation métrologique est divisé en quatre sous-processus qui sont :

- le choix pertinent de la mesure effectué par le public en collaboration avec le laboratoire, qui permet de déterminer l'équipement, le processus de mesure et les exigences métrologiques [13],
- l'étalonnage,
- la vérification métrologique,
- la prise de décision et d'action.

Ces 3 dernières étapes sont effectuées par le laboratoire, et permettent de confirmer au client l'état métrologique de son équipement.

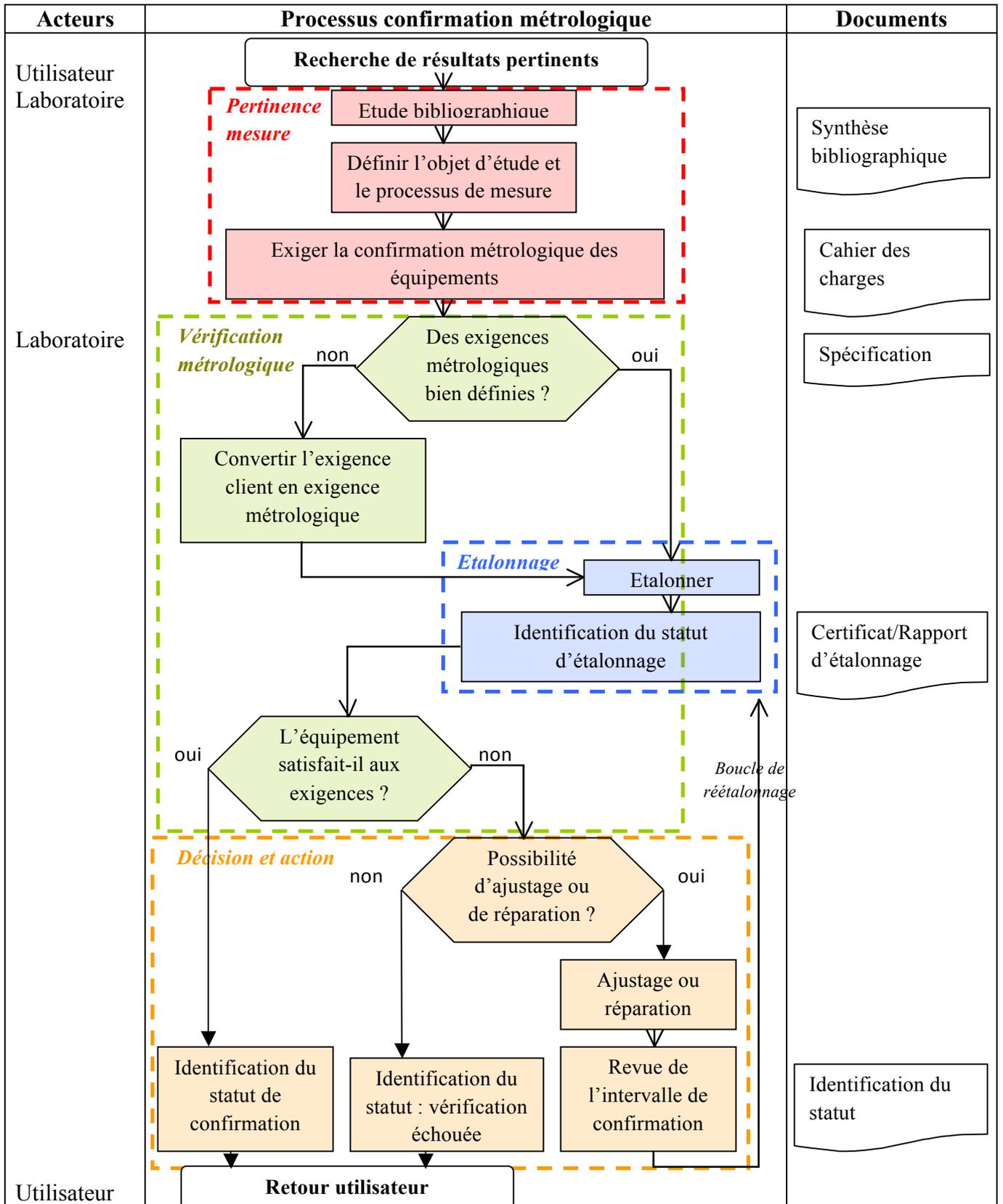


Figure 3. Logigramme du processus de confirmation métrologique

1.3. Diagramme des risques et alternatives du processus

Le diagramme Figure 4, présente les risques qui peuvent survenir à certains points critiques du processus ainsi que les alternatives qui ont été envisagés.

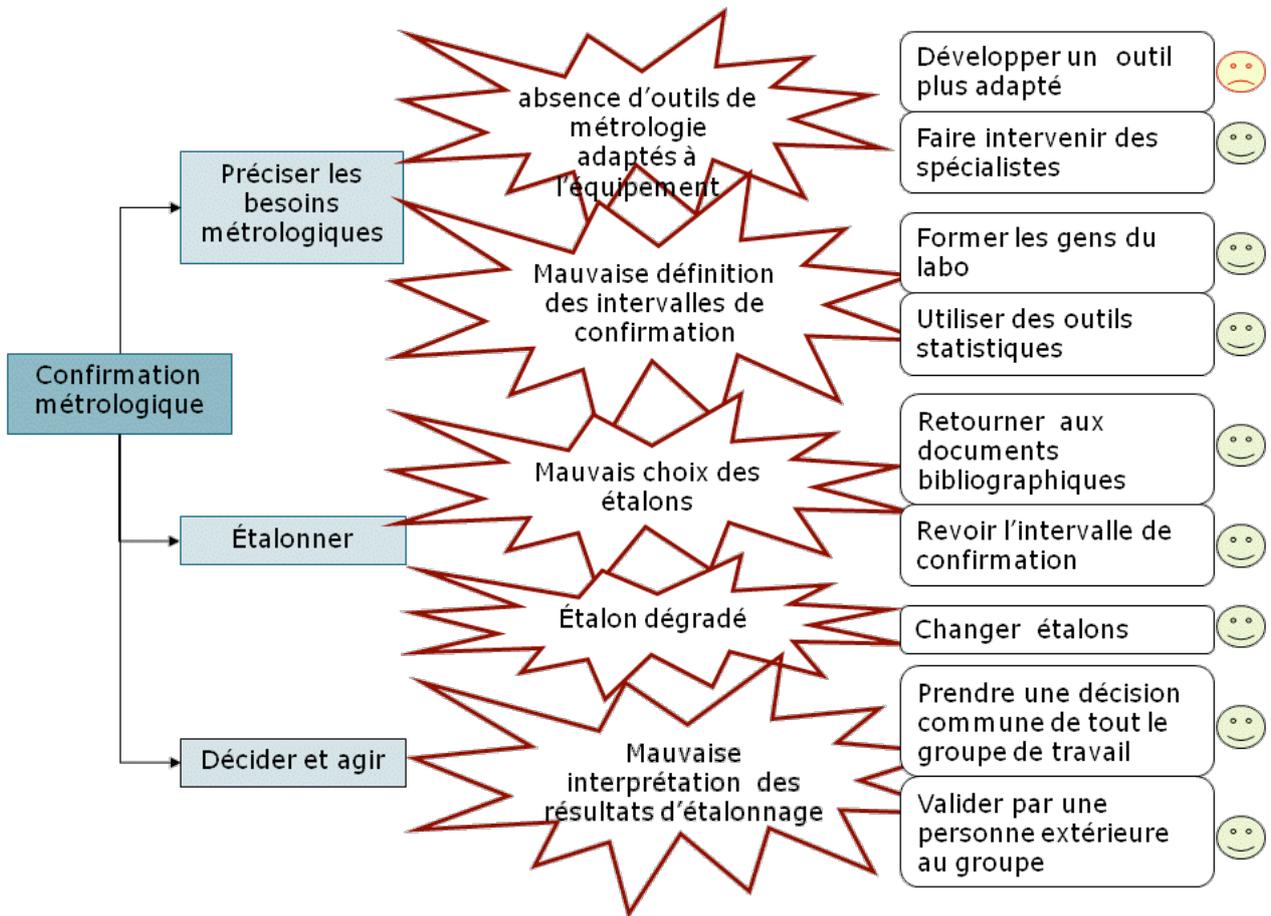


Figure 4. Diagramme des risques / solutions du processus de confirmation métrologique

1.4. Cartographie du processus de confirmation métrologique

La cartographie du processus de confirmation métrologique, présentée Figure 5, permet de visualiser les entrées, les sorties ainsi que les supports du processus.

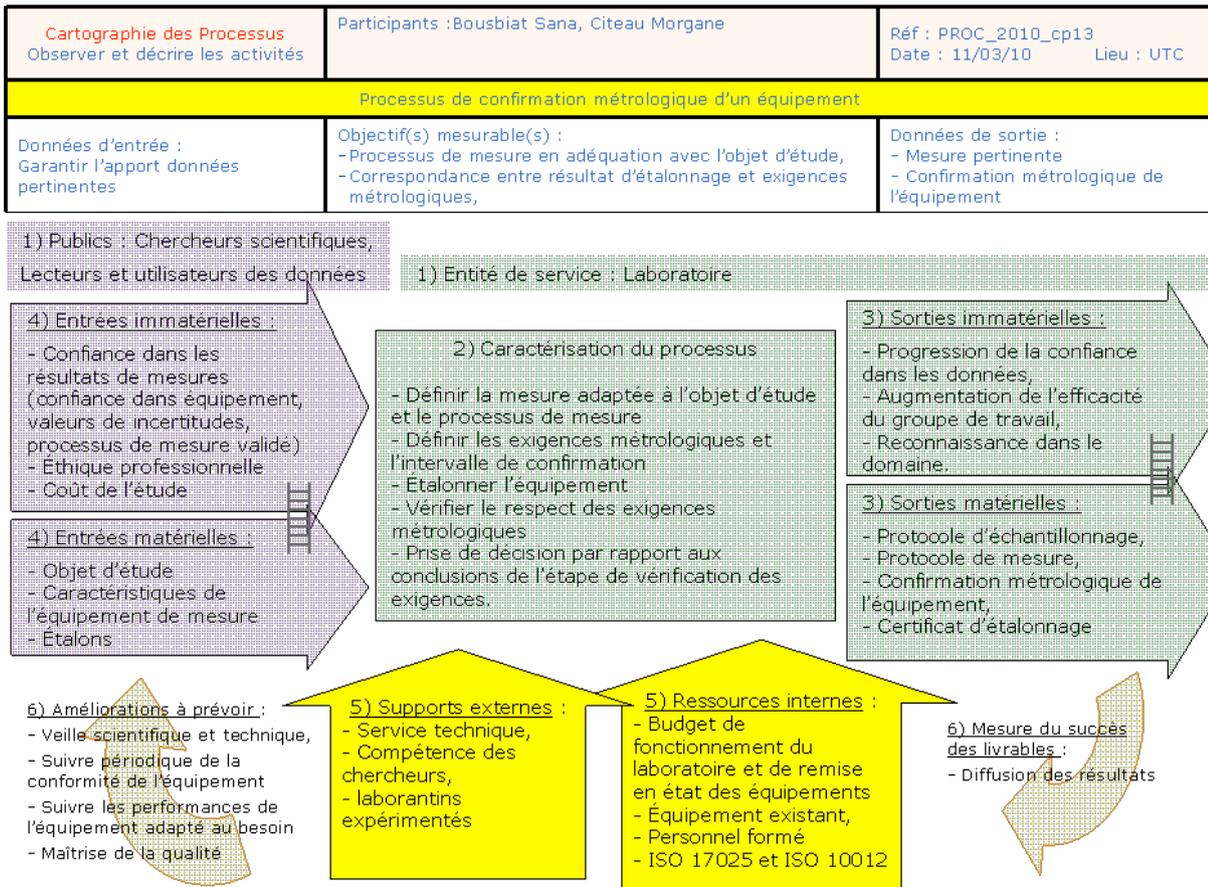


Figure 5. Cartographie du processus de la confirmation métrologique

2. Risque projet et solution envisagée

L'application du processus de confirmation métrologique précédemment présenté précédemment, est limitée à la décision de la conformité ou pas de l'équipement de mesure, comme décrit Figure 6. Pour cette raison, l'étude a été élargie à l'assurance de la qualité instrumentale.



Figure 6. Diagramme risque / alternative projet

Cette nouvelle problématique conduit à chercher les facteurs contribuant à assurer la qualité instrumentale dans un laboratoire de recherche. Un brainstorming ainsi qu'un diagramme d'affinité ont été réalisés afin de répondre à cette question. Les résultats sont représentés sous forme d'un diagramme d'Ishikawa, figure 7.

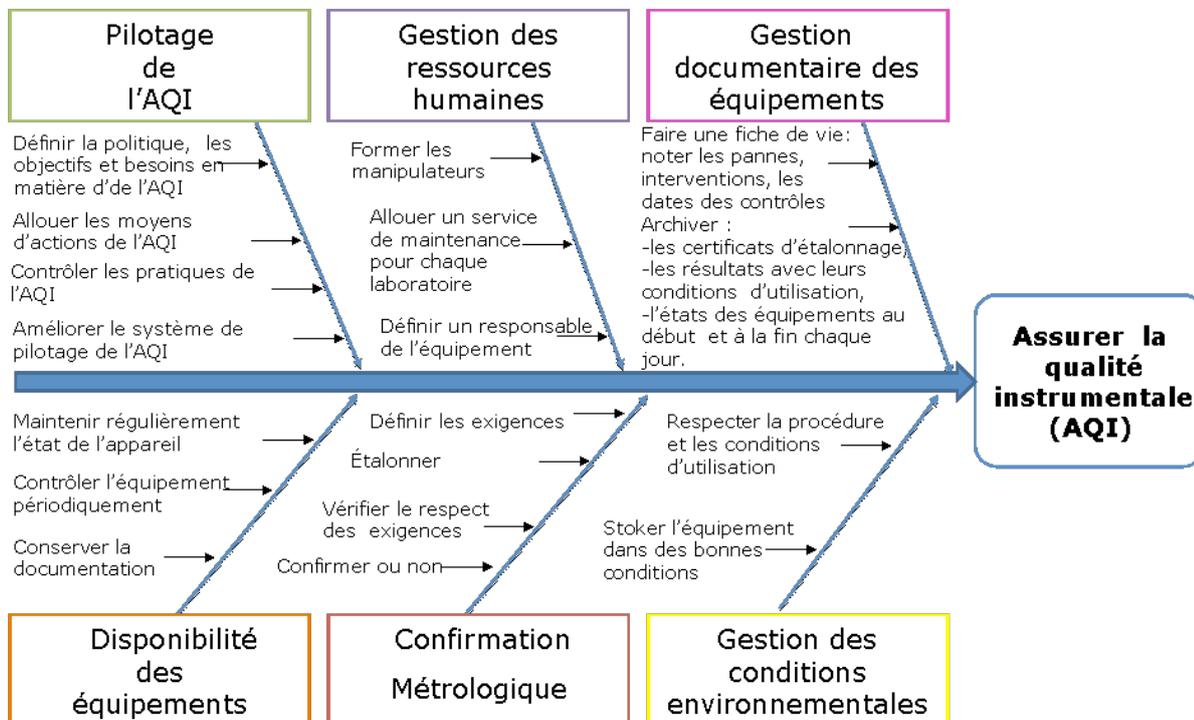


Figure 7. Les six facteurs contribuant à l'Assurance Qualité Instrumentale

Ce chapitre a traité de la solution envisagée dans le premier chapitre : la confirmation métrologique dans un laboratoire de recherche. Cependant, cette réponse au problème de fiabilité et pertinence des résultats de mesure, risquait d'être limitée à la norme NF EN ISO 10012. Pour cette raison, l'étude a été réorientée vers une solution plus large : *l'assurance de la qualité instrumentale dans un laboratoire de recherche*. Celle-ci semble utile et efficace pour aider un laboratoire de recherche dans sa démarche d'amélioration de la pertinence des mesures. Pour ce faire, il est envisagé de mettre en place un outil d'autodiagnostic permettant d'évaluer le degré de qualité des équipements de mesure.

Chapitre 3

La responsabilité des laboratoires en termes d'assurance qualité nécessite de surveiller et d'améliorer la qualité instrumentale. La confirmation métrologique, la disponibilité des équipements, les conditions environnementales d'utilisation ou de stockage, la gestion des ressources humaines, la gestion documentaire et le pilotage de la démarche d'assurance qualité instrumentale sont six éléments qui apparaissent importants pour assurer la qualité des équipements de mesures. Comme cela a été fait précédemment pour le processus de confirmation métrologique, nous proposons d'étudier leur processus correspondant dans ce chapitre [12].

1. Les processus de l'Assurance Qualité Instrumentale

Les processus sont représentés sous une forme déployée précisant les acteurs, leurs actions et la documentation livrable

1.1. Disponibilité des équipements

La finalité de ce processus, Figure 8, est d'assurer la disponibilité de l'équipement de mesure. Pour se faire, trois sous processus sont distingués :

- la caractérisation des équipements, effectuée par le fournisseur de l'équipement et l'utilisateur, et qui permet de déterminer notamment l'erreur maximale tolérée,
- puis la maintenance et le contrôle, menés par l'utilisateur, afin de vérifier le bon fonctionnement et le respect des exigences en termes d'erreur tolérée,
- enfin son financement, proposé par le laboratoire.

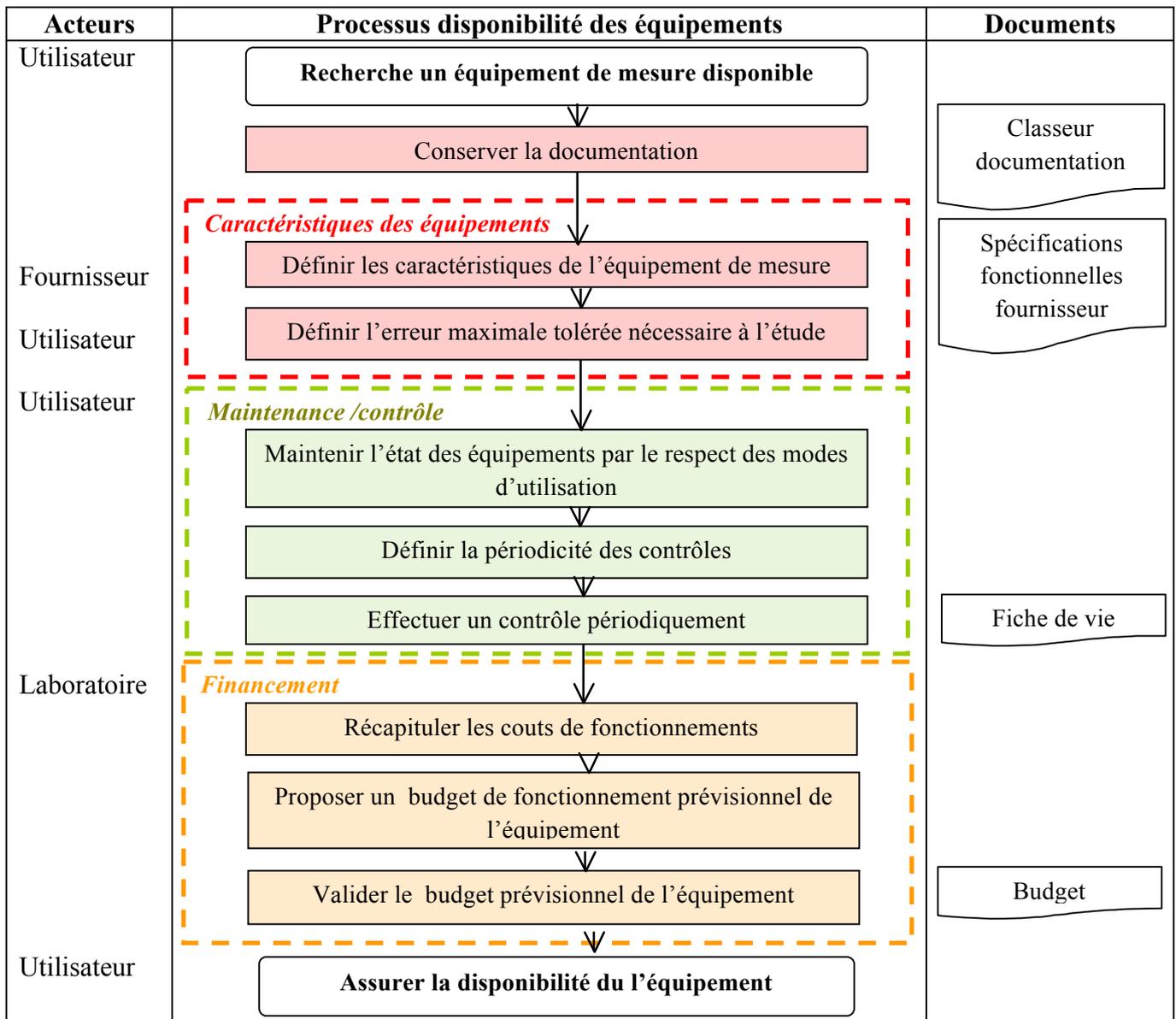


Figure 8. Logigramme de la disponibilité des équipements

1.2. Gestion des ressources humaines

La finalité de ce processus, Figure 9, est d'assurer la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences. Pour cela, deux sous-processus, effectués par la direction des ressources humaines sont distingués :

- l'organisation des activités liées à la qualité instrumentale, permettant d'identification les activités et les responsables en lien avec la qualité instrumentale, la planification de l'organisation et sa communication auprès des utilisateurs,
- l'allocation des compétences, qui consiste en la prévision des formations, des embauches, et l'affectation des ressources humaines.

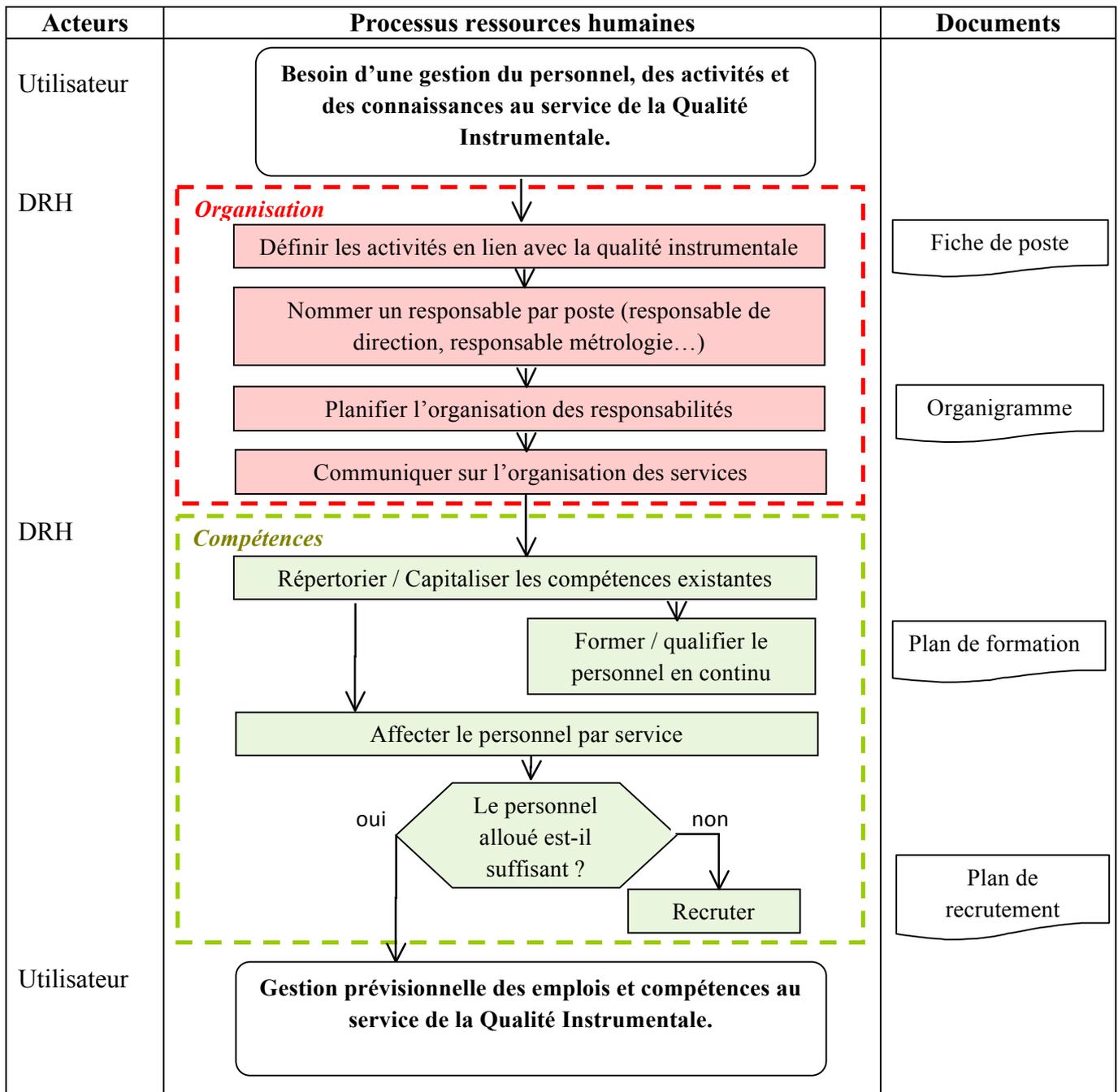


Figure 9. Logigramme de la gestion des ressources humaines

1.3. Gestion documentaire des équipements

La finalité de ce processus, Figure 10, est d'assurer la traçabilité des équipements de mesure.

Pour cela trois sous-processus sont identifiés [14, 15] :

- l'enregistrement de la documentation fournie par le fournisseur ou constructeur de l'équipement,
- l'enregistrement des interventions de maintenance préventive ou correctives,
- l'enregistrement des diverses utilisations par les manipulateurs.

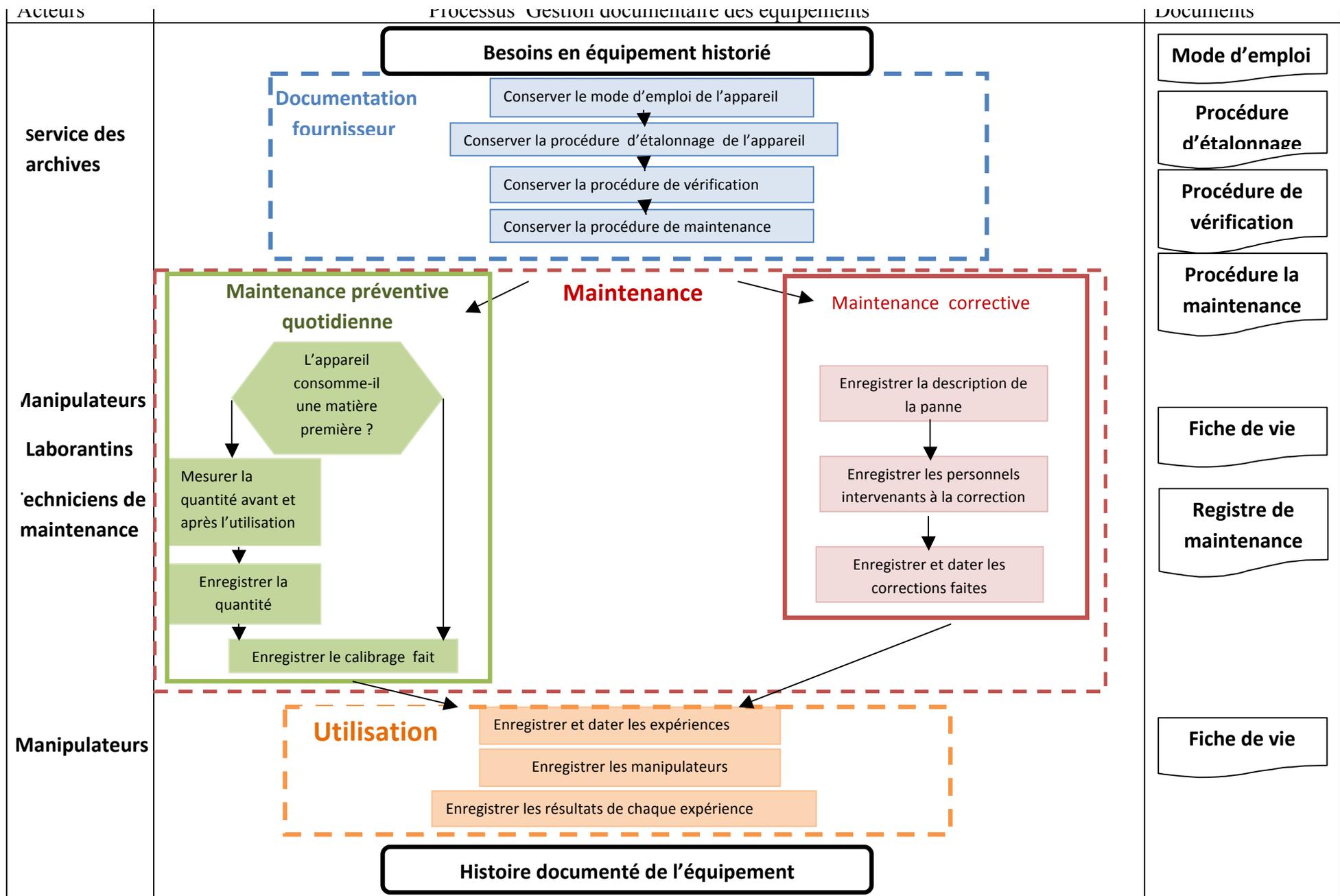


Figure 10. Logigramme de la gestion documentaire des équipements

1.4. Conditions environnementales

La finalité de ce processus, Figure 11, est d'assurer le respect des conditions d'utilisation, de maintenance et de stockage des équipements, il se divise en trois sous-processus :

- le contrôle et le maintien des conditions environnementales, effectués par le manipulateur, lors de l'utilisation des équipements,
- le contrôle et le maintien des conditions environnementales lors du stockage des équipements, effectués par le service d'entretien des stocks,
- le respect des conditions de maintenance, effectué par le service logistique.

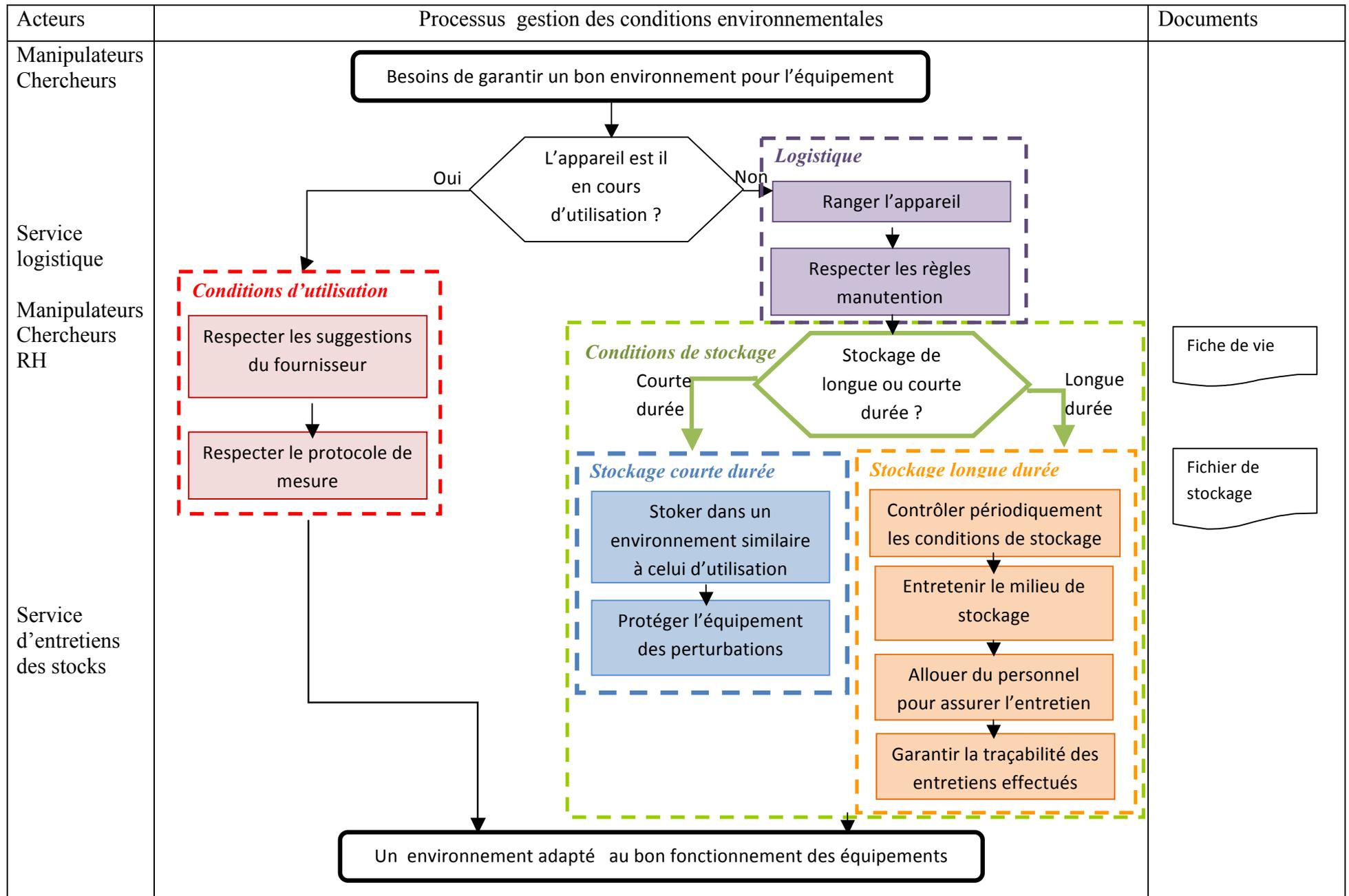


Figure 11. Logigramme des gestions des conditions environnementales d'utilisation et de stockage des équipements

1.5. Pilotage du processus d'assurance qualité instrumentale

Le pilotage et l'organisation de l'AQI sont menés par la direction du laboratoire. Cependant, à son niveau, l'utilisateur des équipements de mesure et d'analyse y participe également. Celui-ci doit s'assurer de l'état de ses équipements lors d'une expérience. Il est de plus, le premier intéressé par l'effet de l'Assurance Qualité Instrumentale sur la pertinence de ses mesures et par conséquence sur l'efficacité de son projet de recherche. Les rôles joués par la direction et l'utilisateur des équipements sont distingués.

1.5.1. Le pilotage mené par la direction du laboratoire

La direction fixe la politique et les objectifs de l'Assurance Qualité Instrumentale du laboratoire et alloue les moyens d'action nécessaires pour son bon déroulement. Elle explique le système de management au personnel utilisateur. Enfin, elle participe aux revues de l'AQI afin d'ajuster ses objectifs, et d'améliorer le système de management.

1.5.2. Le pilotage mené par l'utilisateur de l'équipement à son niveau

L'utilisateur des équipements doit définir ses besoins en matière d'assurance qualité instrumentale et les moyens d'y répondre. Les besoins propres à chaque utilisateur sont discutés au cours de réunions régulières d'évaluation des pratiques, afin de partager, de sensibiliser et d'agir ensemble. L'utilisateur doit contrôler ses pratiques de l'AQI par rapport aux besoins et moyens qu'il s'est défini. Enfin, il réalise un retour d'expérience sur ces pratiques afin de les améliorer.

2. Cartographie matricielle du processus d'assurance qualité instrumentale

Les 6 facteurs précédemment détaillés, constituent les bonnes pratiques de l'Assurance Qualité Instrumentale. Afin de les visualiser dans la démarche globale, l'AQI est présentée sous la forme

d'une cartographie matricielle des processus (Figure 12). Les parties-prenantes sont prises en compte en entrée de processus par l'expression de leur besoin de garantir la qualité métrologique. Puis, elles contribuent avec l'ensemble des services, à la réalisation des sous-processus associés aux bonnes pratiques. Ces dernières sont regroupées dans 4 grands processus, liés dans une boucle d'amélioration continue, selon le modèle de l'ISO 9001 (norme relative aux systèmes de management de la qualité [10]). Ceux-ci comprennent la direction, le management des ressources, la réalisation et enfin la surveillance de l'AQI pour lequel un outil d'autodiagnostic est proposé.

La qualité des instruments de mesure est primordiale dans les travaux des laboratoires. Pour cette raison, elle nécessite une surveillance. Dans ce chapitre, les processus pouvant répondre à l'assurance qualité instrumentale ont été expliqués. L'ensemble a été représenté sur une cartographie matricielle des processus, afin d'avoir une vision claire des objectifs, des acteurs, de leurs interactions au niveau des différents processus et la finalité.

Démarche d'Assurance Qualité Instrumentale (AQI)

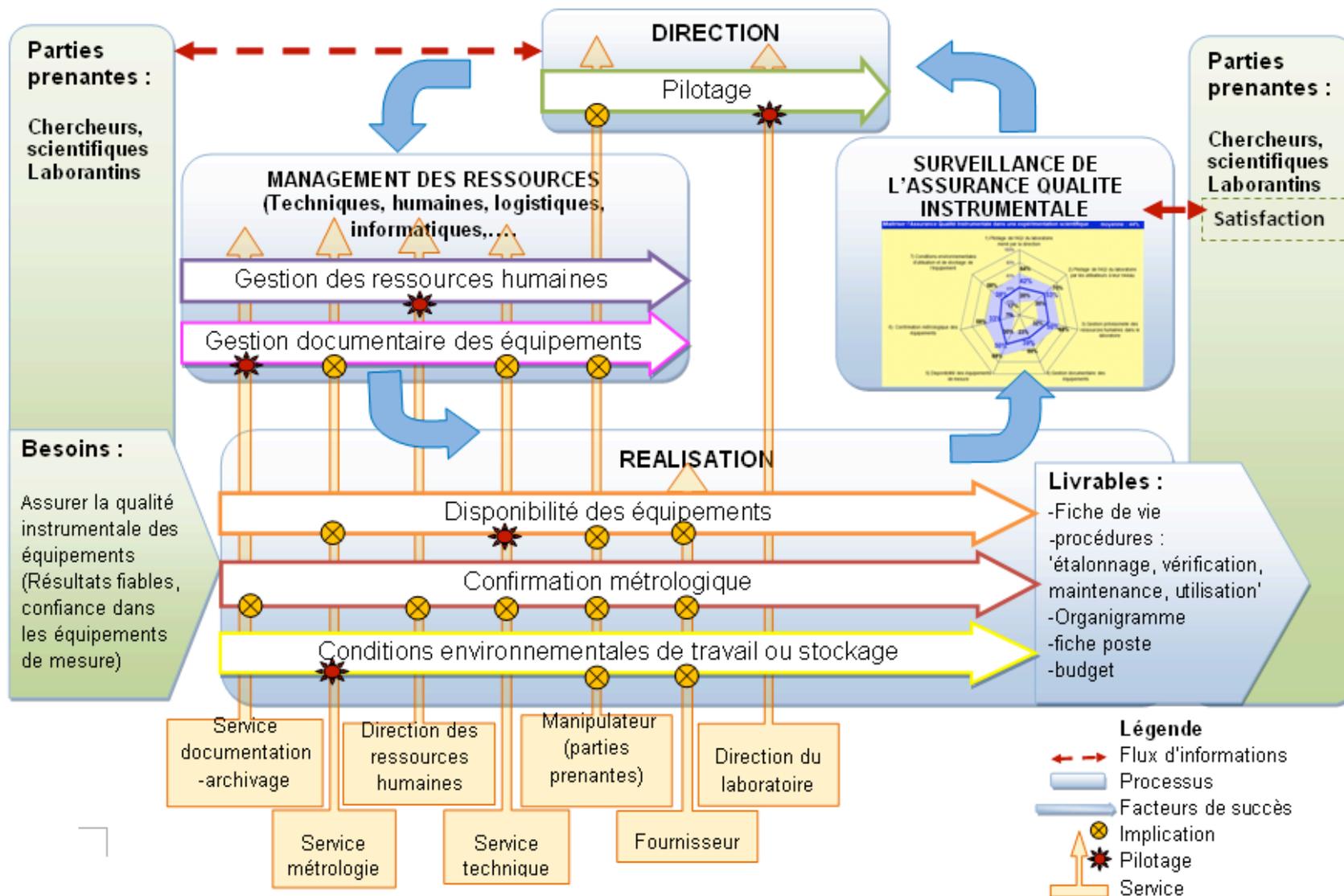


Figure 12. Cartographie matricielle du processus d'Assurance Qualité

Chapitre 4

1. La mise au point de l'outil d'autoévaluation

L'étude du processus d'Assurance Qualité Instrumentale et de ses facteurs de maîtrise induit l'élaboration d'un outil d'autoévaluation permettant la surveillance et la progression des pratiques.

L'outil est basé sur un tableur automatisé qui permet une évaluation rapide d'un laboratoire par les acteurs du laboratoire. La grille d'évaluation comprend 7 bonnes pratiques : les 6 facteurs principaux dont celui du pilotage scindé en deux, sont détaillés chacune par 5 à 7 critères de réalisation. L'utilisateur répond aux propositions selon une échelle de véracité à six niveaux : Faux unanime (0%), Faux (20%), Plutôt faux (40%), Plutôt vrai (60%), Vrai (80%), Vrai prouvé (100%). L'ensemble des résultats est ensuite présenté en temps réel, dans un diagramme 'radar' de synthèse à 7 branches (Figure 13, 14). Ces résultats peuvent dès lors être imprimés, capitalisés dans le système d'Assurance Qualité Instrumentale et servir de documents de preuve pour une auto-déclaration de conformité selon la norme ISO 17050 [11].

Les Tableaux 3.a ; 3.b ; 3.c représentent respectivement la grille d'évaluation du pilotage, du management des ressources et de la réalisation de l'AQI.

Tableau 3. a. Grille d'évaluation du processus de pilotage.

PILOTAGE DE L'AQI
Système de management de l'AQI menée par la direction
La direction fixe la politique et les objectifs de l'Assurance Qualité Instrumentale (AQI) du laboratoire.
Les moyens d'action de l'assurance qualité instrumentale sont alloués.
La direction participe aux revues de l'AQI et les objectifs sont ajustés.
Le système de management est connu et compris par le personnel.
Les améliorations du système de management de l'AQI sont identifiées et mises en œuvre.

Les objectifs et pratiques de l'AQI par les utilisateurs

En tant qu'utilisateur de l'équipement, vous avez défini vos besoins en matière d'assurance qualité instrumentale. (exemple : besoin en étalon, besoin en traçabilité, besoin d'équipement disponible...)

Vous avez identifié les moyens de répondre à vos besoins en matière d'assurance qualité instrumentale. (exemple identifier l'étalon de mesure, moyen d'assurer la traçabilité, moyen d'assurer la disponibilité des équipements...)

Les besoins individuels des membres de l'équipe utilisateur des équipements sont partagés et discutés au cours de réunions régulières d'évaluation des pratiques.

Vous contrôlez vos pratiques de l'AQI par rapport aux besoins et moyen définis.

Vous réalisez un retour d'expérience écrit sur vos pratiques, qui peut être diffusé.

Tableau 3. b. Grille d'évaluation du processus de management des ressources humaines et documentaires.

MANAGEMENT DES RESSOURCES

Gestion prévisionnelle des ressources humaines

Les responsables des différents services sont connus. L'organigramme du laboratoire est accessible

Les domaines de compétence et les fonctions de chacune des personnes du site sont répertoriés, et vous savez à qui vous adresser.

Les responsables de chaque équipement sont identifiés

La communication entre les services est bonne.

Le personnel est suffisamment formé aux questions de qualité et à l'utilisation des équipements.

Le personnel est suffisant pour le travail demandé.

Gestion documentaire des équipements

La documentation-constructeur est conservée.

Une personne est affectée comme responsable de la documentation.

Les procédures d'étalonnage, de vérification, de maintenance sont documentées, accessibles et mises à jour.

Le calibrage fait sur les équipements est enregistré.

La description des pannes qui surviennent aux équipements est enregistrée.

Les documents sont revus et approuvés avant leur diffusion.

La date, les noms des manipulateurs et les conditions spéciales d'utilisation sont enregistrés.

Tableau 3. c. Grille d'évaluation du processus de réalisation de l'Assurance Qualité Instrumentale

REALISATION DE L'AQI
Disponibilité des équipements
L'équipement est choisi selon l'étendue de la mesure et la précision du résultat de mesure souhaitée par l'utilisateur.
Les étapes décrites dans le protocole de mesure sont bien suivies
La fiche de vie de l'équipement de mesure récapitule les différentes interventions.
La périodicité des contrôles de l'équipement est respectée.
Un planning d'utilisation de l'équipement est mis en place et respecté par les manipulateurs.
Confirmation métrologique
Les exigences métrologiques, notamment l'erreur maximale tolérée, les incertitudes et l'intervalle de mesure sont définies en fonction des exigences manipulateur.
Les étalons sont bien choisis, en état et se raccordent au système international des poids et mesures.
L'étalonnage est réalisé d'une manière périodique.
Le responsable métrologie participe à la validation de la confirmation métrologique de l'équipement.
Il existe une démarche pour éliminer les non conformités et leurs causes.
Conditions environnementales d'utilisation et de stockage des équipements
Les conditions environnementales d'utilisation suggérées par le fournisseur sont maîtrisées
Pendant le rangement des équipements, les règles manutention sont respectées
Les équipements sont nettoyés, rangés et protégés entre deux utilisations rapprochées
Les conditions de stockage sont périodiquement contrôlées
L'entretien des milieux de stockage est régulièrement effectué
Du personnel d'entretiens est identifié.

2. Application de l'outil d'autodiagnostic

2.1. Laboratoire A

Cet outil a été proposé à un laboratoire, où huit personnes ont répondu au questionnaire, parmi lesquelles six doctorants, un jeune docteur et un enseignant-chercheur, tous utilisateurs des équipements de mesure et dont l'ancienneté au sein du laboratoire varie de 1 à 5 ans. En moyenne, l'utilisation de l'outil leur a demandé 15 minutes. Globalement, l'Assurance Qualité Instrumentale est maîtrisée à 44 % (Figure 13). Parmi les sept bonnes pratiques testées, quatre ont eu des taux de réalisation inférieurs à 50% : le processus de confirmation métrologique (33%), la gestion des conditions environnementales (38%), la gestion documentaire, et le pilotage de l'AQI (42%). Les écarts-types sont en moyenne de 20%, ce qui traduit une perception et des pratiques des membres du laboratoire très diverses.

Afin de cerner les points critiques dans chaque bonne pratique et de définir les axes d'amélioration prioritaires, une analyse approfondie a été faite. Ainsi, au niveau de la direction, le système de management n'est pas clairement défini, ce qui se traduit par une mauvaise compréhension par les utilisateurs. Au sein du groupe des usagers, il ressort un manque de retours d'expérience et de formations en Assurance Qualité Instrumentale. Il est noté aussi l'absence pour chaque instrument d'un responsable identifié qui aurait pour rôle la gestion documentaire (procédures, et enregistrements), la formation à l'utilisation de l'équipement, ainsi que la planification des pratiques (étalonnage, utilisation, contrôle). La mise en place d'actions correctives serait une première démarche dans la résolution de ces problèmes.

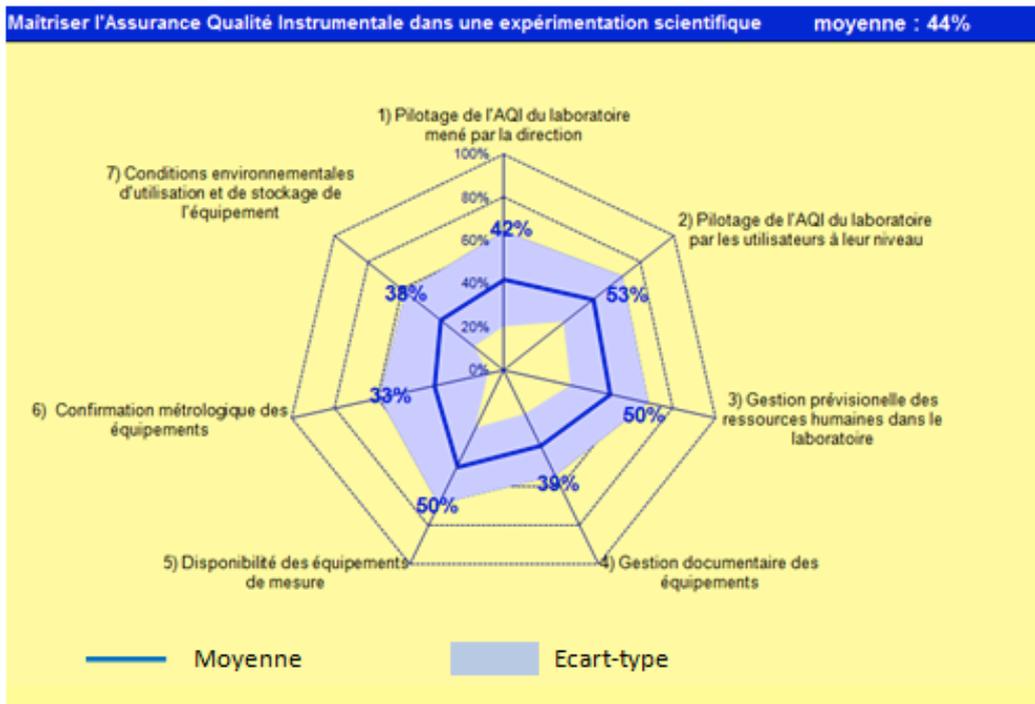


Figure 13. Résultat de l'autoévaluation du laboratoire A

2.2. Laboratoire B

Cinq personnes ont participé à l'application de l'outil d'autoévaluation du laboratoire, parmi lesquelles deux doctorants de 1^{ère} année et trois Master en fin d'étude. Selon leur évaluation, la qualité instrumentale est assurée à 48% au sein du laboratoire. Les écart-types varient de 6 à 17%. La Figure 14, récapitule le pourcentage de maîtrise moyenne obtenu pour chaque bonne pratique. Trois des facteurs obtiennent moins de 50% de maîtrise : la gestion documentaire des équipements (37% ± 15%), le pilotage de l'AQI mené par l'utilisateur (44% ± 7%) et la confirmation métrologique (44% ± 6%).

Afin de cerner les points faibles des processus ayant des taux de maîtrise inférieurs à 50%, nous nous sommes intéressés aux réponses apportées à chaque critère. Il ressort au sein du groupe d'utilisateur, un manque de communication sur les pratiques de l'AQI, notamment dû à l'absence de réunions. L'identification de responsables manque au niveau du processus d'enregistrement et de confirmation métrologique. Dans le premier cas, il serait chargé de la gestion des documents liés à l'équipement. Le second s'occuperait du bon déroulement du processus et de la traçabilité.

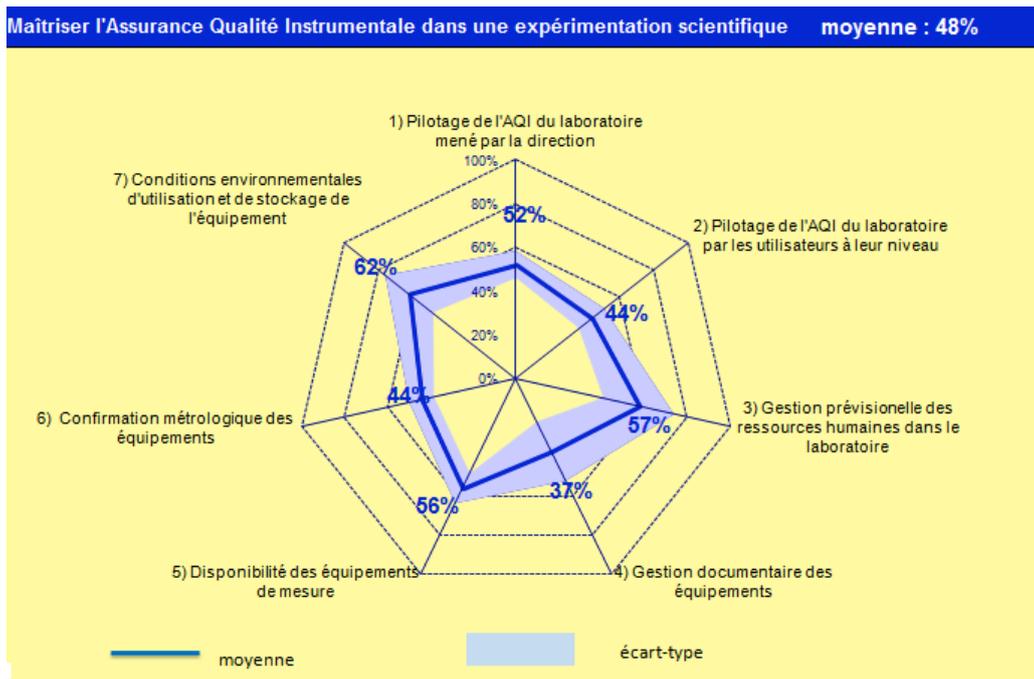


Figure 14. Résultat de l'autoévaluation du laboratoire B

La mise au point d'un outil d'autoévaluation a permis de quantifier le niveau de pratique de l'Assurance Qualité Instrumentale dans deux laboratoires de recherche, et de cibler les points critiques. Des suggestions de travail ont été faites. Leur réalisation sera une première démarche dans la résolution de ces problèmes.

Conclusion

L'Assurance Qualité Instrumentale (AQI) est un nouveau concept, développé dans le cadre de la démarche qualité en recherche, dont l'objectif est de garantir la fiabilité de sa mesure. Six facteurs principaux doivent être pris en compte pour en assurer la réussite : le pilotage du système, la gestion prévisionnelle des ressources humaines, la gestion documentaire des équipements, la disponibilité des équipements, la confirmation métrologique, et les conditions d'utilisation et de stockage des équipements. Un outil d'auto-évaluation de l'Assurance Qualité Instrumentale dans un laboratoire de recherche et d'analyse est proposé et téléchargeable librement sur Internet [16]. Il permet de quantifier le niveau de maîtrise des bonnes pratiques par les utilisateurs des instruments de mesure, d'identifier les points critiques et les axes d'amélioration prioritaires. Dans le milieu scientifique, la fiabilité des résultats de mesure met en

jeu la crédibilité des connaissances produites, la qualité des publications et la notoriété du chercheur et de son laboratoire. Pour ces raisons, la confiance dans les équipements et les résultats de mesure est fondamentale pour la qualité scientifique.

Bibliographie

- [1] Métrologie – Gérer et maîtriser les processus et les équipements de mesure – volume 1, Ed. Afnor® 2005)
- [2] Portail du BIPM: Bureau International des Poids et Mesures, <http://www.bipm.org>
- [3] Portail de l'IOLM: International Organization of Legal Metrology, <http://www.oiml.org>
- [4] Portail de l'ILAC: International Laboratory Accreditation Cooperation, <http://www.ilac.org>
- [5] Portail du LNE : Laboratoire National de Métrologie et d'essai, <http://www.lne.fr>
- [6] Dossier Métrologie, magazine de l'instrumentalisation et des automatismes industriels, MESURE 776, juin 2005, <http://www.mesures.com/archives/776bnmlne.pdf> (site consulté en mars 2010)
- [9] FD X 07-008, Métrologie – Arborescence des normes et travaux sur la métrologie, Ed. Afnor® 2008, <http://sagaweb.afnor.org>
- [8] Centre de ressources « Qualité en recherche : travaux utiles en qualité-recherche », <http://www.utc.fr/qualite-recherche> (site consulté en mars 2010)
- [9] NF EN ISO 10 012, Système de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire, Ed. Afnor® 2003, <http://sagaweb.afnor.org>
- [10] NF EN ISO 9001, Système de management de la qualité – Exigences, Ed. Afnor® 2008, <http://sagaweb.afnor.org>
- [11] NF EN ISO/CEI 17050-1, Évaluation de la conformité - Déclaration de conformité du fournisseur, Ed. Afnor® 2005, <http://sagaweb.afnor.org>
- [12] NF EN ISO/CEI 17025, Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais, Ed. Afnor® 2005, <http://sagaweb.afnor.org>
- [13] FD X 07-014, Métrologie – Optimisation des intervalles de confirmation métrologiques des équipements de mesure, Ed. Afnor® 2006, <http://sagaweb.afnor.org>

[14] FD X 07-018, Métrologie – Métrologie dans l'entreprise – Fiche de vie des équipements de mesure, de contrôle et d'essai, Ed. Afnor® 1997, <http://sagaweb.afnor.org>

[15] X 07-016, Métrologie dans l'entreprise – Modalité pratique pour l'établissement des procédures d'étalonnage et de vérification des moyens de mesure, Ed. Afnor® 1993, <http://sagaweb.afnor.org>

[16] Centre de ressources « Qualité en recherche : CP13 : "Démarches Qualité en Recherche : principes, méthodes et expériences"», <http://www.utc.fr/qualite-recherche> (site consulté en juillet 2010)

Annexe 1. FD X 07-008 Arborescence des normes relative à la métrologie

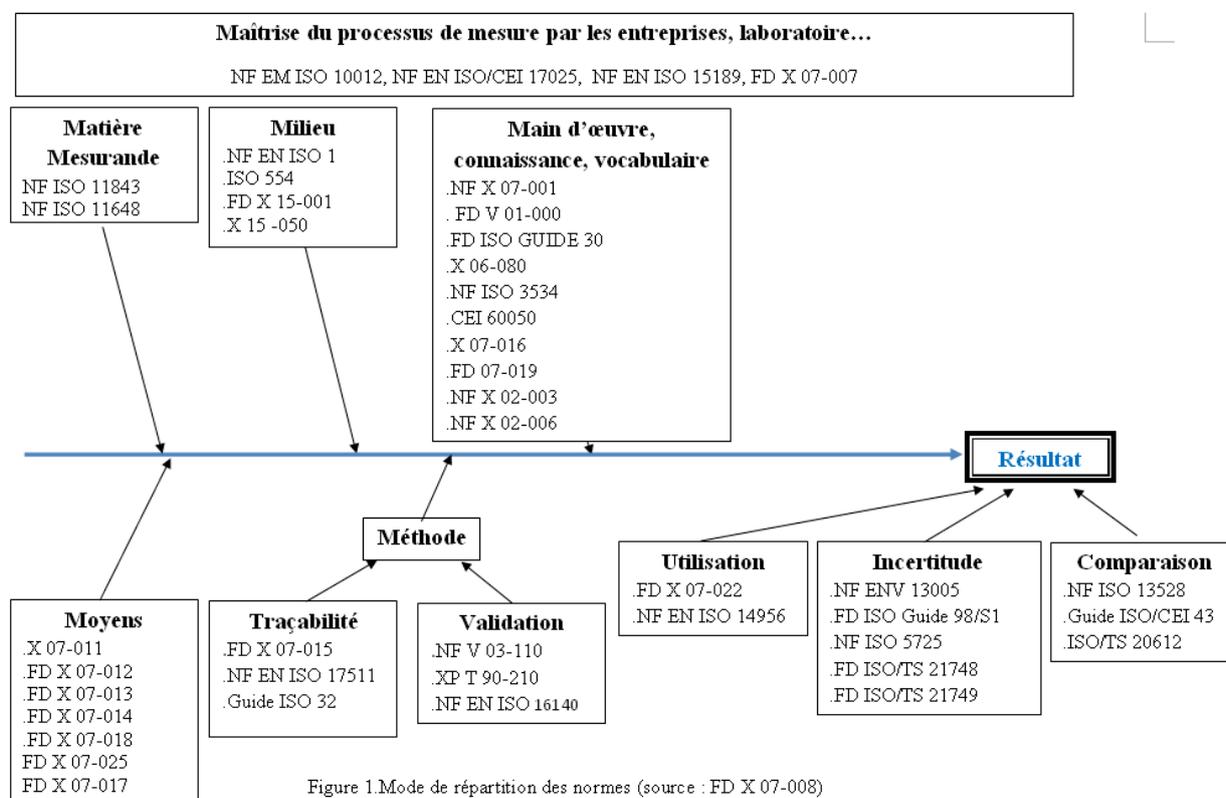


Figure 1. Mode de répartition des normes (source : FD X 07-008)

Références normatives

Notons que toutes les références des documents commençant par NF (Norme Française) correspondent à des normes homologuées intégrant des exigences caractérisées par l'utilisation du présent du verbe « devoir ».

Toutes les références commençant par X ou XP correspondent à des normes expérimentales, statut transitoire généralement de trois ans permettent de voir comment le sujet est appréhendé avant de choisir entre le statut de norme homologuée, de fascicule de documentation ou d'annuler la norme.

Toutes les références commençant par FD (fascicule de documentation), quand à elles, correspondent à des guides d'explication, d'application de normes homologuées... qui ne comportent pas d'exigence.

NF ENV 13005 : 1999, Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure

NF EN ISO 10012 : 2003, Système de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire

NF EN ISO 17000 : 2005, Evaluation de la conformité – Vocabulaire et principes généraux

NF EN ISO/CEI 17025 : 2005, Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

NF ISO 11648, Aspects statistiques de l'échantillonnage des matériaux en vrac

NF X 02-006 : 1994, Normes fondamentales – Le système international d'unité – Description et règle d'emploi – Choix de multiples et de sous-multiples.

FD X 07-007 : 2005, Métrologie – Guide d'application de la norme NF EN ISO 10012

FD X 07-013 : 1996, Métrologie – Métrologie dans l'entreprise – Critère de choix entre vérification et étalonnage, utilisation et conservation des résultats de mesure.

FD X 07-014 : 2006, Métrologie – Optimisation des intervalles de confirmation métrologiques des équipements de mesure.

FD X 07-015 : 2007, Métrologie – Raccordement des résultats de mesure au Système International d'unité (SI)

X 07-016 : 1993, Métrologie – Essais _ Métrologie dans l'entreprise – Modalité pratiques pour l'établissement des procédures d'étalonnage et de vérification des moyens de mesure.

FD X 07-018 : 1997, Métrologie – Métrologie dans l'entreprise – Fiche de vie des équipements de mesure, de contrôle et d'essai.

FD X 07-019 : 2000, Métrologie – Relation clients/fournisseurs en métrologie.

FD X 07-025-1 : 2003, Métrologie – Programme technique de vérification des équipements de mesure – Partie 1 : Principes généraux – Démarche commune et générale pour élaborer un programme technique de vérification.

Annexe 2 : Présentation des outils qualités

Dans cette annexe, toutes les données brutes et les outils qualités utilisés au cours de l'élaboration de notre projet seront représentés avec la définition de chaque outil ainsi qu'un petit bilan pour bien évaluer l'application de ces outils :

1. Le brainstorming

Le Brainstorming, ou "remue-méninges", est une méthode de créativité collective ayant pour but de trouver une ou des solutions au problème posé, de rechercher les causes potentielles d'un problème, ou d'inventer les solutions possibles pour le résoudre. Le brainstorming s'appuie sur un travail de groupe, tous les participants étant placés sur un même pied d'égalité. Cette méthode, bien appliquée, est la clé de la réussite. Elle permet à chacun de s'exprimer librement sans retenue... et favorise l'émergence d'idées nouvelles [1].

Résultats obtenues : durant l'élaboration de notre projet, on a utilisé le brainstorming à plusieurs reprises pour générer des solutions afin de répondre à une problématique donnée :

- Le premier brainstorming a été organisé afin de répondre à la problématique générale :
' *Comment assurer la pertinence de l'information lors d'un projet de recherche en appliquant la métrologie ?* '

Les résultats de ce brainstorming étaient :

- Définir l'objet de mesure
- Tenir compte de la fiabilité du procédé de mesure
- Enregistrer les conditions ambiantes
- Organiser les ressources matérielles et financières
- Organiser le système de management de processus
- Choisir l'équipement adapté
- Avoir des références bibliographiques
- Comprendre le processus de mesure
- Organiser les ressources humaines
- Mesurer les sources d'erreur humaines
- Mesurer l'imprécision de la méthode d'essai
- Raccorder aux unités de mesure communes (SI)
- Utiliser une méthode de mesure validée
- Etalonner les appareils de mesure
- Vérifier la conformité des équipements
- Décider la conformité ou pas de l'équipement et donc la nécessité d'ajustement ou de réparation

➤ Le deuxième brainstorming avait le but de répondre à la question : ' *Comment assurer la qualité instrumentale des équipements de mesure dans un laboratoire de recherche?* ' et a généré les idées et les solutions représentées ci-dessous :

- Conserver la documentation des équipements.
- Définir les exigences métrologiques.
- Définir un responsable pour chaque appareil.
- Archiver les résultats donnés par chaque appareil avec les conditions de mesure.
- Former les manipulateurs.
- Enregistrer l'état des équipements à chaque début et fin d'utilisation.
- Contrôler l'équipement périodiquement.
- Etalonner l'équipement
- Respecter la procédure et les conditions d'utilisation.
- Maintenir régulièrement l'état de l'appareil.
- Allouer un service de maintenance pour chaque laboratoire.
- Rédiger une fiche de vie pour chaque appareil.
- Archiver les certificats d'étalonnage.
- Vérifier le respect des exigences métrologiques.
- Décider la conformité ou pas des équipements
- Stocker l'équipement dans des bonnes conditions.

Points forts :

- ❖ On a obtenu des idées riches contenant des verbes d'actions
- ❖ Les idées sortaient rapidement et naturellement.

Points faibles :

- ❖ Manque du respect de silence.
- ❖ Les participants n'ont pas bien compris le déroulement de l'outil.

Suggestions aux utilisateurs de l'outil :

- ✓ Il faut bien expliquer le déroulement et les règles à suivre afin d'atteindre le but de l'outil et insister sur le silence comme un critère essentiel pour une meilleure application du brainstorming.
- ✓ Il vaut mieux faire intervenir des gens des laboratoires et spécialistes différents.

2. Le diagramme d'affinité

Le diagramme d'affinité est une méthode descriptive d'une problématique qui peut être utilisée par exemple lors d'une résolution de problème, une analyse fonctionnelle, une analyse de défaillance. Cette méthode repose sur l'association progressive d'idées et leur regroupement par thème. Il permet notamment d'analyser des informations obtenues par remue-méninges, discussions, sondages. Il permet de déterminer les affinités à partir de l'exercice et non pas à l'avance comme avec certaines méthodes 'Ishikawa' [1].

De même, le diagramme d'affinité été utilisé deux fois pendant l'élaboration de notre projet après l'application des deux brainstormings pour bien générer des idées générales.

- La première fois a été faite pour organiser les idées recueillies du premier brainstorming qui répondait à la problématique générale sur les solutions pour assurer la pertinence des mesures.

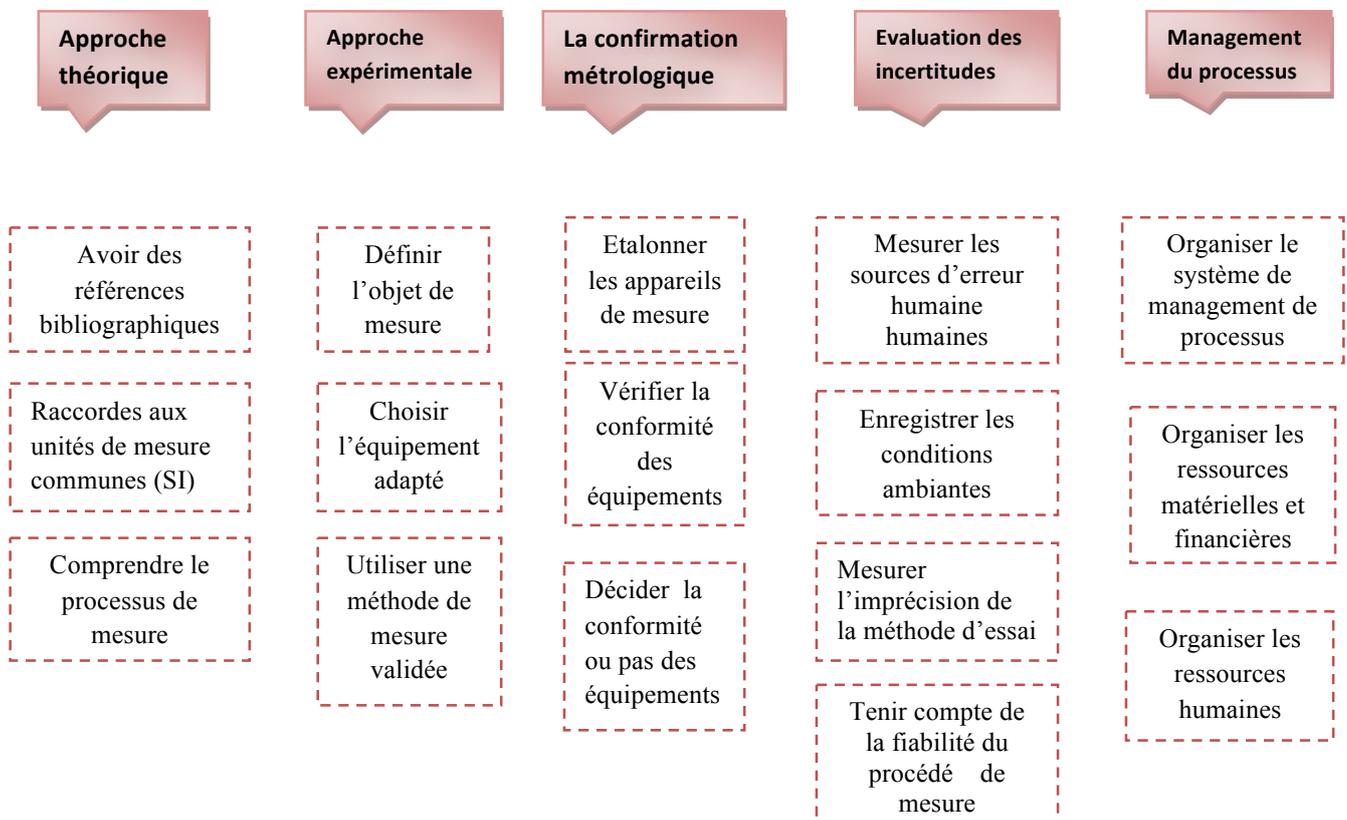


Diagramme d'affinité 1 : comment assurer la pertinence des mesures lors d'un projet de recherche ?

- Le but du deuxième diagramme d'affinité a été d'organiser les idées du deuxième brainstorming concernant l'assurance de la qualité instrumentale aux laboratoires de recherches

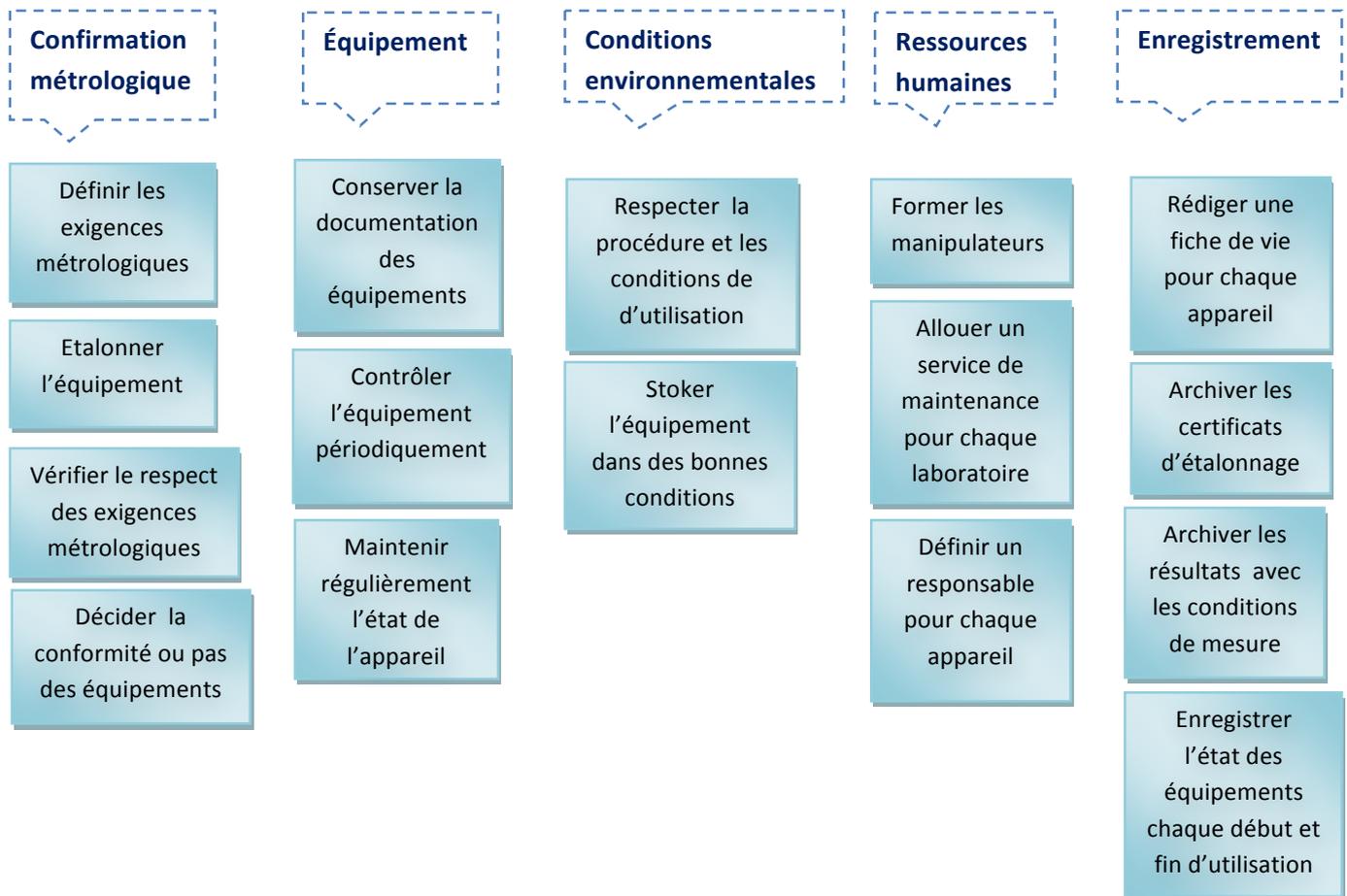


Diagramme d'affinité 2 : comment assurer la qualité instrumentale dans un laboratoire de recherche ?

Points forts :

- ❖ L'outil nous a permis d'hierarchiser nos idées selon des relations logiques

Points faibles :

- ❖ Il y avait beaucoup de discussions entre les participants à cause d'une mauvaise compréhension des idées sur les post-it.
- ❖ Le groupe a dépassé le temps prévu.

Suggestions aux utilisateurs de l'outil:

- ✓ Il faut d'abord former les participants à l'application du diagramme d'affinité avant de lancer la vraie application.
- ✓ Insister sur une l'écriture qui doit être claire avec des gros caractères.

3. Le diagramme d'Ishikawa [3]

Le diagramme d'Ishikawa est un outil graphique qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et de les classer par grandes familles afin de déterminer les moyens d'y remédier.

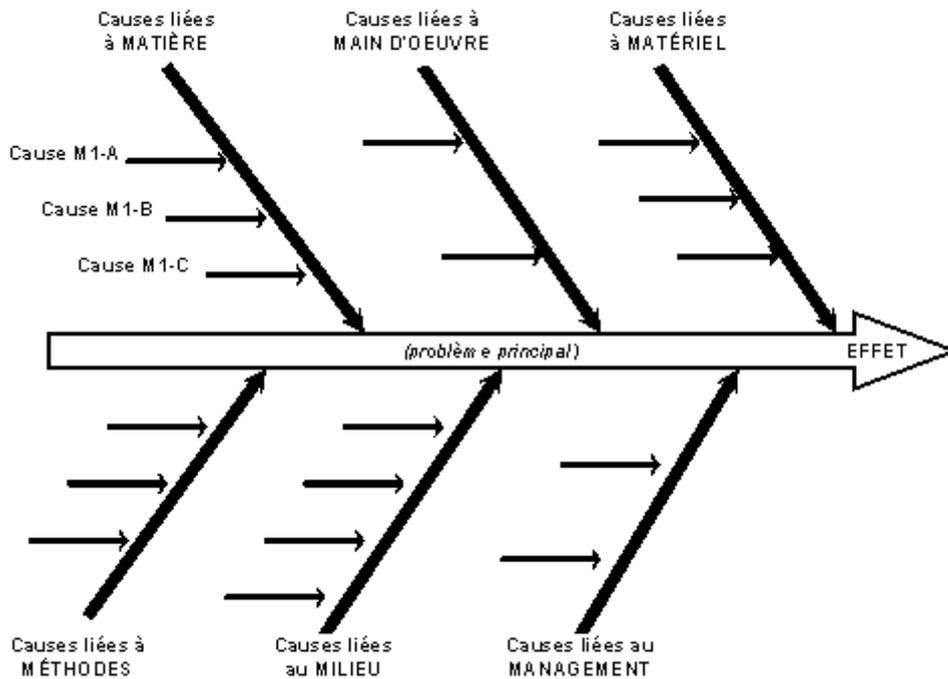


Figure. diagramme d'Ishikawa

Points forts :

- ❖ La méthode assure une participation des membres d'un groupe à l'analyse du problème et, donc, limite le risque d'oubli de causes et devrait permettre une meilleure implication et motivation du groupe dans la mise en œuvre des solutions.
- ❖ Le champ d'application du diagramme d'Ishikawa est extrêmement vaste. C'est un outil simple et rapide, permettant de visualiser les causes possibles d'un effet constaté et de déterminer les moyens d'y remédier. Il simplifie le travail d'analyse et, donc, facilite et stimule la recherche de solutions.

Points faibles :

- ❖ la principale critique formulée à l'égard de cette méthode est qu'elle ne permet pas de représenter les relations logiques pouvant exister entre les différentes causes d'un problème et qu'elle ne permet donc pas de juger de la fiabilité d'un système. Pour cette raison, certains praticiens préconisent plutôt une approche sous forme d'un "arbre des erreurs".

4. La cartographie matricielle du processus

C'est une représentation graphique des processus d'une entreprise ou d'un projet. La cartographie des processus a la particularité de mettre en évidence les différents processus les uns par rapport aux autres [4].

La cartographie des processus fournit un support de discussion partagé, synthétique et lisible aux différents acteurs du projet [5].

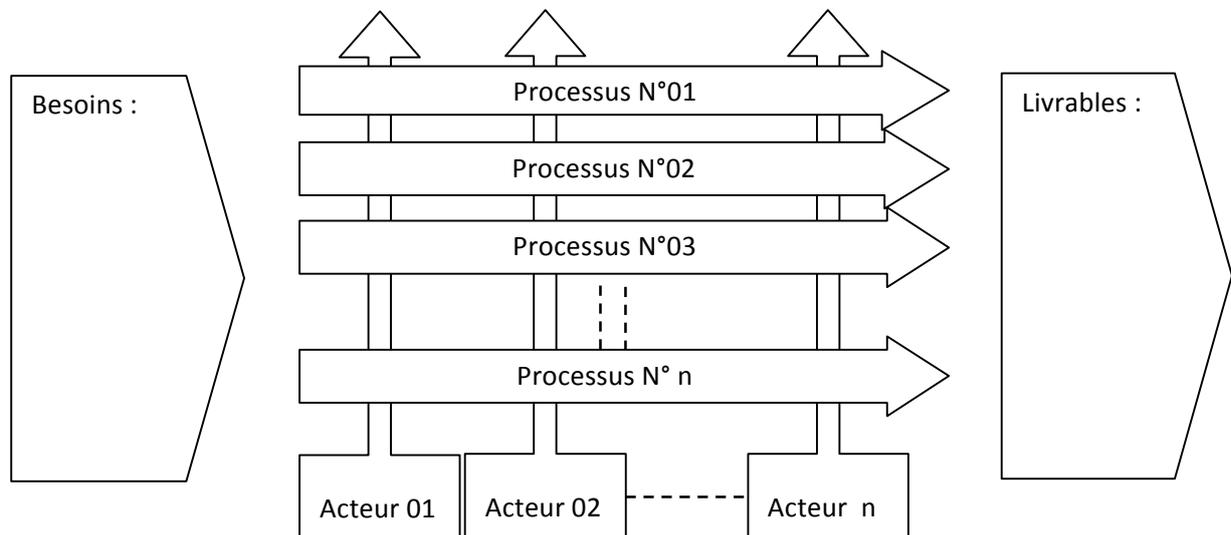


Figure. Cartographie matricielle du processus

Points forts :

- ❖ L'outil fournit une vision globale du processus en faisant apparaître les besoins ainsi que les livrables de chaque processus.
- ❖ L'outil explique d'une façon claire le type de l'intervention de chaque acteur dans le déroulement des processus (pilotage ou contribution)

Points faibles :

- ❖ Possibilité d'avoir un chevauchement vu que le même acteur peut contribuer ou piloter plusieurs processus.

Bibliographie

- [1] Le Brainstorming, Publitechnic Fidelis
http://www.fidelis.fr/media/pdf/publitechnic_Brainstorming.pdf (mars 2010)
- [2] Centre de ressources « InfoQualite »
<http://www.accordance.fr/infoqualite/welcome/index.php> (mars 2010)
- [3] Pierre CÉLIER, 2003, Le diagramme de "causes à effet de Kaoru Ishikawa",
http://www.enst-media.ac.ma/cpa/diagramme_ishikawa.htm (mars 2010)
- [4] <http://www.qualitenline.com> (avril 2010)
- [5] Cartographie de processus et référentiels <http://www.oresys.eu/offre-112.html> (avril 2010)