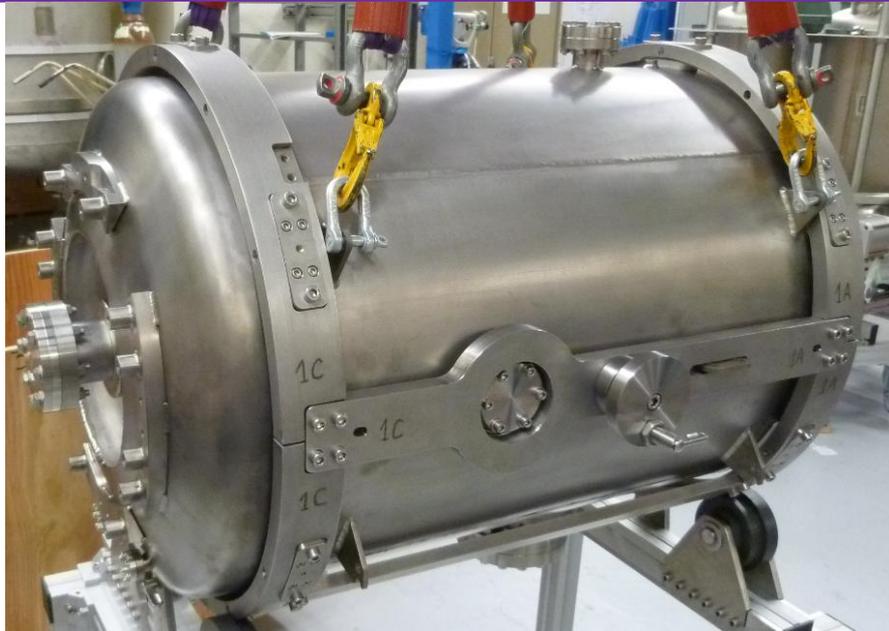


2014-2015

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS



Soutenue le 4 septembre 2015 devant le jury composé de :

Gilbert FARGES
Jean-Matthieu PROT
Bertrand de QUATREBARBES
Alvin PANJETA
Philippe LE GORGEU
Maria-Cristina GALEAZZI
Bernard CHOTARD
Un représentant AFNOR
Michel BRICLER

Mémoire de Thèse Professionnelle

Mastère NQCE 2014-2015

Normalisation, Qualité, Certification et Essais

Université Technologique de Compiègne

VERONIQUE POUX

SUPERVISEUR : JEAN PIERRE CALISTE



REMERCIEMENTS

Je remercie dans un premier temps Saïd Essabaa, directeur de la Division Accélérateurs de l'IPNO de m'avoir permis de suivre cette formation dans de bonnes conditions.

Je remercie également Sébastien Bousson, responsable du projet ESS puis de la Division Accélérateurs d'avoir impulsé la démarche qualité au sein du projet et de l'avoir soutenue tout au long de cette année.

Je tiens également à remercier Richard Martret, responsable de la plateforme technologique SupraTech d'avoir instauré la démarche qualité au sein de la plateforme SupraTech avec une logique d'amélioration continue dès le début.

Je tiens particulièrement à adresser un grand merci à Thierry Pépin-Donat, pour le travail conséquent accompli ensemble, pour son dynamisme et son rôle de meneur dans la mise en place de cette démarche qualité.

Je souhaite remercier également les personnes travaillant sur le projet ESS et les activités autour de la plateforme SupraTech et plus particulièrement, Guillaume Olry, Denis Reynet, Mathieu Pierens, Philippe Szott, Fetra Rabehasy, Ludovic Renard.

Ce travail est aussi le fruit d'une collaboration fructueuse avec d'autres laboratoires de l'IN2P3 travaillant dans ce domaine. Merci donc à Didier Laporte du LPNHE, Corinne Juffroy de l'APC, Christian Arnault du LAL, Mathieu Walter, Alexandre Perrier, Dominique Cathala du CCIN2P3, aux membres du groupe des administrateurs locaux de la GED et aux membres du réseau qualité IN2P3 en général.

Je remercie vivement Evelyne Cottureau pour le soutien apporté tout au long de cette année et particulièrement les dernières semaines.

Je remercie également Arnaud Derathé, enseignant chercheur à l'UTC, pour ses enseignements, ses conseils tout au long de la formation.

Mes plus sincères remerciements vont également à Jean-Pierre Caliste, enseignant chercheur émérite à l'UTC, également membre du réseau Qualité en Recherche, pour ses enseignements, ses précieux conseils, son soutien infailible, les discussions enrichissantes que nous avons eu tout au long de ce projet.

Merci à toute l'équipe de la promo NQCE 2015, plus particulièrement au noyau dur pour le partage enrichissant de nos expériences respectives tout au long de cette année universitaire.

Enfin, je remercie ma famille, Patrick, Mathilde, Julie, Thibault et ma maman pour leur soutien qui m'a permis de réaliser cette formation dans les meilleures conditions.



RESUME

Au sein d'un laboratoire de recherche du CNRS, à partir de la nécessité de maîtriser la production d'une petite série d'équipements scientifiques dans des délais très courts, l'étude s'attachera à montrer comment la mise en place d'une démarche qualité participative améliore la réalisation d'un projet expérimental.

Les deux objectifs principaux de cette étude résident dans la mise en oeuvre :

- d'une démarche qualité appropriée qui permette de relever un ou des défis technologiques,
- d'une démarche qualité au service du « chercheur » l'aidant à avancer dans son cœur de métier qu'est l'expérimentation scientifique.

Ces deux grands objectifs conduisent naturellement à mener une réflexion sur :

- une documentation appropriée à appréhender sous deux aspects : la formalisation et la production,
- l'organisation même de la plateforme SupraTech, où se réalise l'ensemble des activités, l'expérimentation, et les tests des cavités, afin d'en optimiser l'usage et permette le déroulement du plus grand nombre d'expérimentations dans les meilleures conditions possibles.

Sans négliger un troisième aspect, celui de l'amélioration continue, qui apparait alors plus général et qui est présent dans tous les thèmes.

Ce mémoire de thèse professionnelle présente les travaux réalisés pour répondre à ces objectifs.

A travers une réflexion participative, collaborative, sur la nature même des documents, ce mémoire reprend le fait que les documents sont susceptibles d'évoluer à tout moment. La documentation évolue pour des raisons expérimentales à proprement parlées ou pour l'amélioration même du document. Il est donc essentiel de tracer, de capitaliser toutes ces modifications.

Cette capitalisation et cette traçabilité est mise en oeuvre grâce à une gestion électronique de documents. Ce mémoire présente également la solution retenue dans le cadre d'une transition d'une ancienne GED à une nouvelle GED.

Il démontre que dans une démarche participative, la production de documents doit s'appuyer sur l'usage d'un vocabulaire commun qui peut conduire au non-usage des termes classiques de la qualité, « processus » par exemple.

Il présente aussi le processus et l'outil de gestion associé de planification de l'activité au niveau de la plateforme SupraTech ainsi que la démarche d'amélioration continue.

En conclusion, dans le cadre d'une analyse de type retour d'expériences, il démontre que le succès repose sur un nombre réduit de règles mais fondamentales, pour garantir l'efficacité voir l'efficience de la démarche qualité mise en oeuvre.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

ABSTRACT

Because of the need to control the production of a small series within a given time, this study will show how setting a participative quality approach can improve the realization of an experimental project in a CNRS research laboratory.

The two main objectives of this study rest in the setting of :

- an appropriate quality approach to allow to take up one or several technological challenges
- a quality approach to help the researcher accomplish his scientific experimentation, at the core of his job.

These two main objectives lead us naturally to think about :

- an appropriate documentation to grasp two aspects : the formalizing and the production,
- the organization itself of the SupraTech platform, where the whole of the activities take place, the experiments along with the testing of the cavities, in order to optimize its use and allow for as many experiments as possible in the best possible conditions.

A third aspect must not be neglected. This is the logic of the continuous improvement that appears then to be more general and present in all the themes

This professional thesis presents the work performed to meet these objectives.

Through a participative, collaborative reflection on the very nature of the documents, this paper takes up the fact that the documents are liable to evolve at any time. The documentation must evolve for experimental reasons strictly speaking or for the improvement of the document itself. It is essential to trace, capitalize all the modifications.

This capitalization and this traceability are implemented through electronic document management (EDM). This paper presents what solution was chosen to help the transition from an obsolete EDM to a new one.

This paper shows that, within a participative approach, the production of documents must rely on the use of a common vocabulary that can lead to not using classic quality terms such as process for example.

This paper also presents the method and the management and planning tools of the activity of the SupraTech platform along with the associated continuous improvement approach.

To sum up, within the frame of an analysis of the feedback type, this works shows that success rests on a reduced number of rules, which are fundamental, to guaranty the effectiveness or even more the efficiency of the implemented quality approach.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Table des matières

Remerciements.....	2
Résumé.....	3
Abstract.....	4
Acronymes, termes et définitions.....	7
Table des illustrations.....	8
Introduction.....	9
1 La recherche et les cavités accélératrices.....	10
1.1 L'IPNO : Institut de Physique Nucléaire d'Orsay.....	10
1.2 La Division Accélérateurs.....	11
1.2.1 Les pôles ALTO et SupraTech.....	12
1.2.2 Les groupes support aux deux pôles.....	13
1.3 Structure d'un ensemble accélérateur.....	13
1.3.1 Les accélérateurs de particules et les cavités supraconductrices.....	14
1.3.2 Les défis technologiques des cavités supraconductrices.....	16
1.4 La qualité dans le laboratoire.....	18
1.4.1 La qualité à l'IPNO.....	18
1.4.2 L'implication du laboratoire dans les réseaux inter labo.....	18
1.4.3 La qualité projet.....	19
2 Diagnostic et problématique : les éléments majeurs.....	20
2.1 Manager la plateforme technologique en « production » dans un contexte de recherche.....	20
2.2 Disposer d'une documentation au juste niveau.....	21
2.3 Apprivoiser le système de gestion documentaire.....	21
2.4 Maîtriser le développement en préservant la Recherche.....	22
3 Conception d'une démarche appropriée.....	23
3.1 Adopter un principe participatif.....	23
3.2 Identifier les chantiers et définir les priorités.....	24
3.3 La situation initiale et les contraintes fortes.....	26
3.3.1 Documentation de la réalisation des prototypes.....	26
3.3.2 Système de Gestion de la documentation.....	27
3.3.3 Gestion de la plateforme.....	27
4 Déploiement de la démarche selon des axes consensuels.....	28
4.1 Choix des règles de gestion documentaire adaptées.....	28
4.1.1 Processus général et identification documentaire.....	30



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

4.1.2	Présentation des documents	31
4.1.3	Gestion et partage des documents.....	33
4.2	Production de la documentation.....	39
4.2.1	Un document fondateur : le « cycle de vie ».....	39
4.2.2	Procédures et enregistrements : Comment faire ? Comment mémoriser les faits ?...	43
4.2.3	Du document « non-conformité » aux documents « fiches d'impact ».....	46
4.2.4	Un document de suivi de l'avancement : le « livret suiveur ».....	48
4.2.5	Evaluation des actions sur la gestion documentaire et la documentation	49
4.3	Système de Gestion des activités de la plateforme	50
4.3.1	Lancement du processus de gestion des infrastructures	51
4.3.2	Identification du processus de gestion des infrastructures	52
4.3.3	Evaluation du processus	57
5	Retour d'expérience et perspectives.....	59
5.1	Retour d'expériences.....	59
5.1.1	Motivation des acteurs	59
5.1.2	Simplicité et pragmatisme	59
5.1.3	Compétences et organisation	60
5.1.4	Implication de la direction	61
5.1.5	Réflexion sur la notion de document.....	61
5.2	Perspectives.....	61
6	Conclusion	63
	Bibliographie	64
	Annexes.....	65
I.	Organigramme détaillé du laboratoire.....	66
II.	Composition de la plate-forme.....	67
III.	Synthèse du lancement de la démarche qualité sur les activités autour de la plateforme..	70
IV.	La planification dynamique stratégique pour éclairer les axes de l'étude.....	74
V.	Modèle de document	75
VI.	Poster « ESS Cryomodule for Spoke Cavities » présenté à SRF 2013.....	76



ACRONYMES, TERMES ET DEFINITIONS

ALTO	Accélérateur Linéaire Tandem Alto
APC	Laboratoire d'AstroParticule et Cosmologie
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
CCIN2P3	Centre de Calculs de l'IN2P3
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
DA	Division Accélérateurs
ESS	European Spallation Source, source européenne de Spallation
GED	Gestion électronique de données
IN2P3	Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules
IPNO	Institut de Physique Nucléaire d'Orsay
LAL	Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire
LHC	Large Hadron Collider, Grand collisionneur de Hadron
LPNHE	Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Energies
SRF	Superconductivity RF conference
SupraTech	Plateforme technologique SupraTech
TGIR	Très Grand Instrument de Recherche
UMR	Unité Mixte de Recherche



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Organisation générale du laboratoire [3]	10
Figure 2 : Organisation de la Division Accélérateurs au service de la Recherche [3]	12
Figure 3 : schéma d'une ligne expérimentale [3]	14
Figure 4 : Schéma de la distribution du champ électrique dans une cavité résonnante	15
Figure 5 : Différents modèles de cavité.....	15
Figure 6 : Cryomodule ESS.....	16
Figure 7 : La qualité au service de la performance expérimentale [3]	18
Figure 8 : Qualité à l'IPNO [3]	19
Figure 9 : Les exigences applicables à la plateforme [3].....	21
Figure 10 : Etat de la documentation process et produits en septembre 2014 [3]	21
Figure 11 : Problématique du système actuel [3]	23
Figure 12 : Processus d'identification des chantiers [3].....	25
Figure 13 : Rôle du Projet NQCE / Activité de production d'instruments scientifiques [3].....	26
Figure 14 : Carte heuristique des actions du système participatif	28
Figure 15 : Pyramide documentaire du projet prototype [3]	29
Figure 16 : Processus général d'intégration des cavités et des éléments associés au sein de la plateforme [6]	30
Figure 17 : Identification documentaire du projet ESS [7]	31
Figure 18 : Les caractéristiques des règles de gestion documentaire	33
Figure 19 : Architecture globale du projet dans la GED EDMS®.....	34
Figure 20 : Architecture globale d'un projet dans la GED Atrium®	34
Figure 21 : Arborescence générale d'EDMS® [3].....	35
Figure 22 : Arborescence générale d'Atrium® [3]	35
Figure 23 : Exigences utilisateurs versus projets à prendre en compte lors de migration de GED [3]	35
Figure 24 : Processus de déploiement de la nouvelle GED [3]	36
Figure 25 : Comparaison du statut des documents dans EDMS et Atrium [3]	37
Figure 26 : Modification de l'état des documents suite à la migration [3]	38
Figure 27 : Gestion des droits sous EDMS® et Atrium® [3]	38
Figure 28 : Utilisation de la zone de publication pour reproduire la gestion des droits comme sous EDMS® [3]	39
Figure 29 : Procédure de création du processus de réalisation d'une cavité ou « cycle de vie »	40
Figure 30 : Interdépendance des processus de "cycle de vie" [3].....	41
Figure 31 : "Cycle de vie " de la phase de réception des cavités [8].....	42
Figure 32 : Processus de création et d'amélioration des procédures et formulaires d'enregistrement [3].....	44
Figure 33: Exemples de procédures et d'enregistrements	46
Figure 34 : Processus de gestion des non-conformités et impacts [3]	47
Figure 35 : Tableau de suivi des non-conformités [3]	47
Figure 36 : Tableau de suivi "d'impact" [3].....	47
Figure 37 : Fiche de traitement d'« impact » [3].....	48
Figure 38 : "Livret suiveur" d'une cavité	49
Figure 39 : Tableau de bord de réalisation de la documentation ESS par phase [3].....	50
Figure 40 : Services impliqués dans les activités de la plateforme [3]	51
Figure 41 : Processus de gestion des infrastructures de la plateforme [3]	53
Figure 42 : 1er livrable : Planning récapitulatif l'utilisation prévisionnelle et réalisée des installations.....	54
Figure 43 : 2 nd livrable : Planning récapitulatif les "manips"	54
Figure 44 : Logigramme du processus de gestion de la plateforme [3]	55
Figure 45 : Le 1er cycle qualité du processus du GIPS.....	56
Figure 46 : Le processus explicité sous forme de PDCA.....	57
Figure 47 : Tableau de bord des indicateurs du processus GIPS [3].....	58
Figure 48 : Planning prévisionnel de la série [3]	62
Figure 49 : Plateforme SupraTech à l'IPN d'Orsay	67



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

INTRODUCTION

La qualité est définie comme l'aptitude à satisfaire des exigences [1]. Tout produit ou service et toute action nécessaire à leur obtention sont de ce fait concernés par la qualité. Elle existe en tant qu'élément inhérent au service ou au produit lui-même, qu'une démarche qualité soit ou non explicitée.

La recherche fondamentale ou appliquée a connu des mutations importantes de son mode de gestion ; le financement par appel à projets, le regroupement de compétences, l'apparition de plateformes technologiques en sont des exemples concrets. Face à ces changements est apparue la nécessité d'adapter les pratiques scientifiques et techniques afin de fournir les garanties nécessaires sur la capacité à gérer au mieux l'entité (laboratoire, services, infrastructure ...) et apporter la preuve de la pertinence des activités développées et des résultats obtenus. En 2014, des recommandations relatives au « management des activités de recherche » ont été publiées dans la norme NF X 50-553 [2].

L'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay est un laboratoire du CNRS dont l'une des thématiques majeures concerne la recherche et le développement auprès des accélérateurs de particules. Ces grands instruments de recherche sont utilisés dans les domaines de la recherche fondamentale et appliquée, de la médecine, de l'industrie ainsi que dans le secteur énergétique. Les principales expériences effectuées en physique nucléaire et physique des particules cherchent à déterminer les limites de la stabilité de la matière nucléaire, à comprendre la formation des éléments de l'univers, à étudier le comportement du noyau dans ses états extrêmes et à tester le modèle standard et ses prédictions¹, à explorer des solutions pour réduire les quantités des déchets radioactifs à longue durée de vie. Pour pouvoir explorer la matière de plus en plus profondément, les physiciens doivent disposer d'accélérateurs de plus en plus puissants afin de produire des faisceaux permettant d'augmenter l'énergie des collisions observées et produire des particules plus massives et en plus grand nombre.

Parmi eux se distinguent les futurs projets d'accélérateurs linéaires de forte puissance, qui bénéficient des connaissances technologiques développées dans un certain nombre d'accélérateurs du même type et offrent un potentiel important dans le domaine de la recherche en physique nucléaire et en physique des particules. Les projets de telles machines sont relativement nombreux. Longtemps trop difficiles à produire, ces faisceaux sont maintenant envisageables grâce au développement de la technologie des cavités supraconductrices. Tout en augmentant les performances des accélérateurs, cette technologie permet de réduire la longueur des accélérateurs et d'apporter une diminution des coûts de fabrication et de fonctionnement. En contrepartie ces cavités très sensibles nécessitent une préparation très complexe, des environnements cryogéniques ($2K \approx -271\text{ °C}$), de validation expérimentale et de fonctionnement.

La Division Accélérateurs est très fortement impliquée en tant que partenaire majeur dans certains de ces projets dont ESS² (European Spallation³ Source) en particulier, avec la conception, la

¹ Le modèle standard de la physique des particules (en abrégé "modèle standard") est la théorie actuelle qui permet d'expliquer tous les phénomènes observables à l'échelle des particules. <http://voyage.in2p3.fr/standard.html>

² ESS : <https://europeanspallationsource.se>



construction et la livraison après qualification de vingt-six cavités supraconductrices à l'horizon 2018.

De ce fait, le laboratoire se retrouve face à un double enjeu, répondre aux exigences sur les cavités elles-mêmes et sur leur processus, de préparation et de validation expérimentale, pour en assurer les qualités optimales attendues.

C'est dans ce contexte de très hautes technologies, développées dans un environnement de recherche expérimentale, que la mise en place d'une démarche qualité, relative à la réalisation des prototypes des cavités ESS et à la gestion des infrastructures de la plateforme SupraTech, lieu permettant leur réalisation, contribuera à garantir la maîtrise et la qualité des activités.

1 LA RECHERCHE ET LES CAVITES ACCELERATRICES

1.1 L'IPNO : Institut de Physique Nucléaire d'Orsay

L'IPNO a été créé en 1956, à l'initiative d'Irène et Frédéric Joliot Curie. Ses activités scientifiques, centrées sur la connaissance de la matière et de ses composants ultimes, sont au cœur de collaborations d'envergure auprès de très grands instruments internationaux, en Europe, aux Etats Unis et au Japon.

Au cœur du pôle scientifique du Grand Paris, c'est une Unité Mixte de Recherche (UMR) sous tutelle du Centre National de Recherche Scientifique (CNRS) et de l'Université Paris-Sud.

Près de 350 collaborateurs, chercheurs, ingénieurs et techniciens mènent au quotidien des recherches en physique nucléaire, en physique des astro-particules et aussi dans les domaines de la radiochimie et des champs pluridisciplinaires. Ces activités de recherche fondamentale, théorique et expérimentale sur les nucléons et les noyaux sont regroupées en trois pôles de compétence : La Division de Recherche, la Division Accélérateurs, la Division Instrumentation et Informatique. Elles sont accompagnées par la Division Administration et Logistique (figure 1).

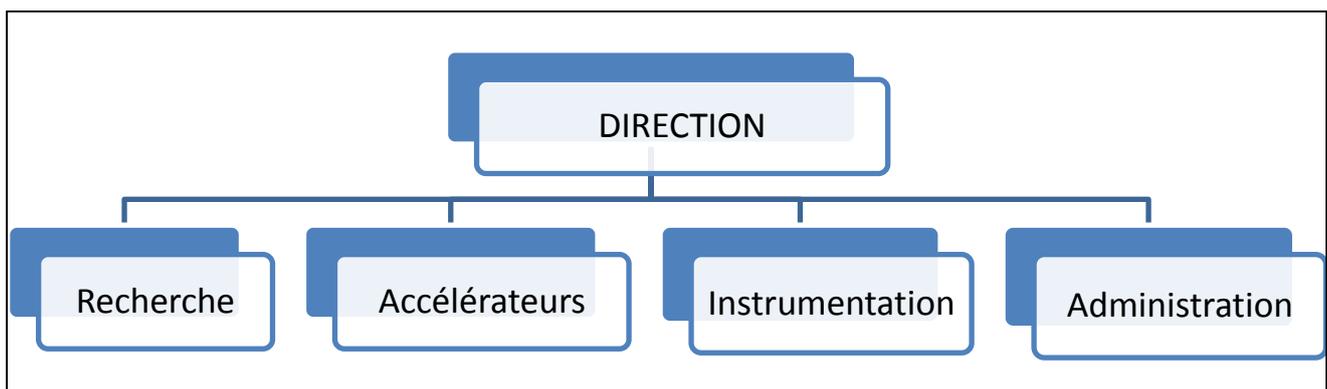


Figure 1 : Organisation générale du laboratoire⁴ [3]

³ Spallation : La spallation est un processus au cours duquel des fragments de matière sont éjectés d'un corps dû à l'impact ou aux contraintes exercées par un projectile.

⁴ Organigramme détaillé en Annexe I. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

1.2 La Division Accélérateurs⁵

La Division Accélérateurs (DA) est en charge des activités scientifiques et technologiques liées à la Recherche et au Développement (R&D) sur la physique et la technologie des accélérateurs ainsi que de l'exploitation des infrastructures associées. Reconnue pour ses compétences, elle est devenue un des acteurs majeurs sur un grand nombre de projets dans le cadre de collaborations européennes, nationales ou locales. Ses missions essentielles sont :

- faire progresser la **technologie des accélérateurs** et la compréhension des phénomènes physiques en jeu,
- prendre en charge la **conception** et la **réalisation** d'accélérateurs et de l'instrumentation associée,
- assurer la **fourniture de faisceaux** accélérés, incluant le soutien technique nécessaire aux expériences de physique.

La majeure partie des activités est conduite dans le cadre de projets dans lesquels l'IPNO est engagé en tant que porteur ou en tant que partenaire prépondérant. En relation avec ces projets, la R&D amont est également poursuivie activement afin de maintenir le niveau d'expertise nécessaire et d'anticiper les solutions innovantes qui permettront de répondre aux défis technologiques posés par le développement des accélérateurs du futur.

La gestion de l'activité, focalisée sur les différents projets de la Division, repose sur une organisation par projet structurée autour de 2 pôles d'activités thématiques (figure 2) :

- le pôle **ALTO**, dédié à la production de faisceaux d'ions stables et radioactifs et à la R&D associée,
- le pôle **SUPRATECH**, dédié à la R&D sur les cavités accélératrices supraconductrices et aux expérimentations associées.

Ils sont supportés par trois groupes de compétences transverses :

- le groupe **Modélisation Calcul**, dédié aux aspects de conception et de simulation,
- le groupe **Electronique Accélérateurs**, dédié aux développements électroniques RF, haute tension et à la R&D sur l'instrumentation faisceau,
- le **Bureau d'Etudes**, dédié à la conception mécanique, à la rédaction des spécifications techniques, au suivi de fabrication et à l'installation sur site.

⁵ Etant co-auteur des pages du site internet de la Division Accélérateurs, une partie du texte de ce mémoire reprend le travail rédactionnel effectué à cette occasion.

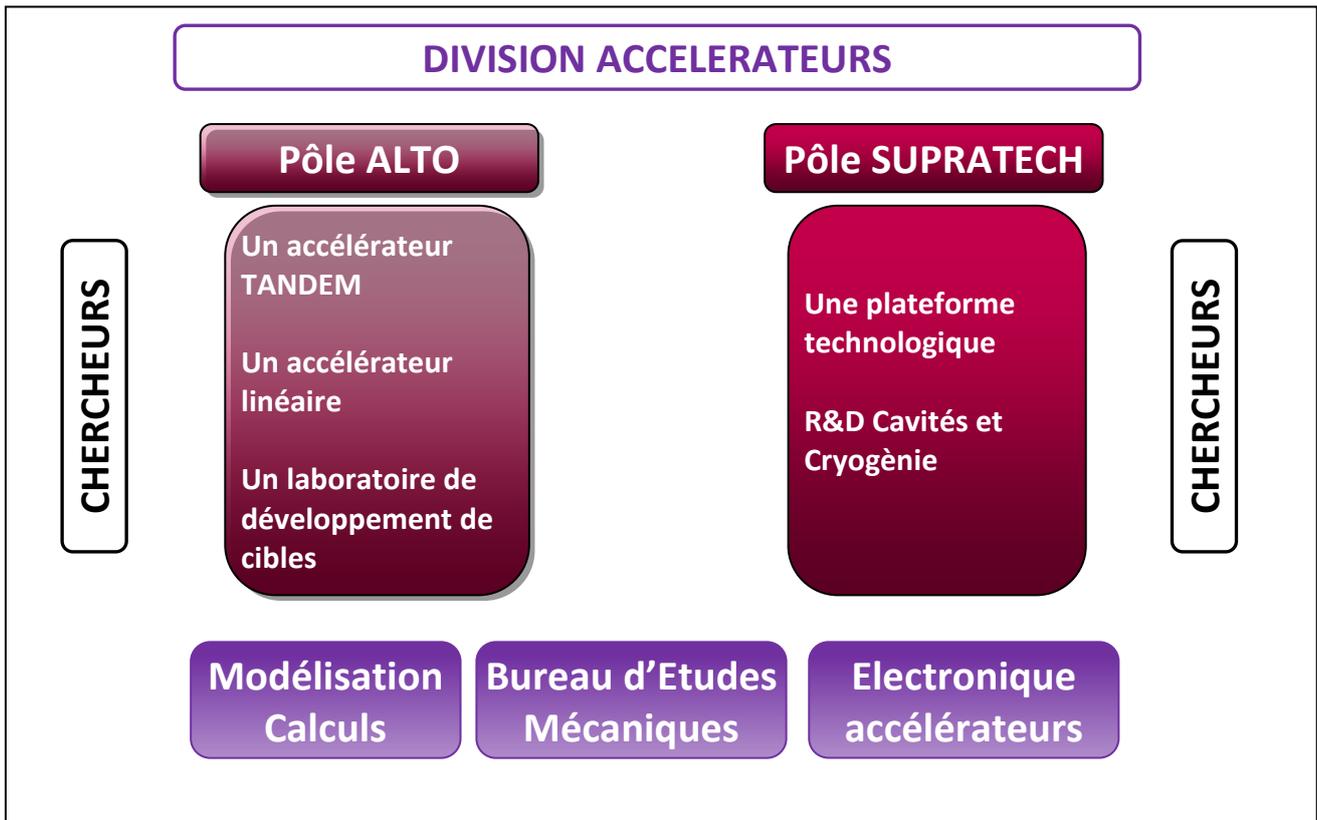


Figure 2 : Organisation de la Division Accélérateurs au service de la Recherche [3]

La Division emploie en moyenne 90 personnes dont 80 permanents, du jeune chercheur au technicien. La majorité du personnel travaille sur plusieurs projets à la fois, 20 à 30 % prioritairement sur l'exploitation et la maintenance des installations.

1.2.1 Les pôles ALTO et SupraTech

Le pôle **ALTO** comprend deux accélérateurs : un Tandem⁶ de 15 MV et un accélérateur linéaire d'électrons de 50 MeV, utilisé depuis peu pour la production de faisceaux radioactifs par photofission. L'établissement offre ainsi la possibilité de produire au même endroit des faisceaux d'agrégats pour la physique interdisciplinaire et des faisceaux d'ions stables et radioactifs pour l'astrophysique et la physique nucléaire. Le pôle ALTO comprend également un laboratoire spécifique pour le développement de cibles de carbure d'uranium.

Le pôle **SUPRATECH** est dédié à la recherche, au développement et à la fabrication des cavités supraconductrices des futurs accélérateurs de particules de haute énergie et de forte puissance. Un collectif de chercheurs et ingénieurs assurent les activités de recherche et d'expérimentation spécifiques à la thématique des cavités et la cryogénie associée. Alors que le groupe lié à la plateforme met à disposition l'ensemble des compétences nécessaires pour préparer, conditionner, assembler et tester les cavités RF supraconductrices pour les accélérateurs supraconducteurs du futur. L'équipement de la plate-forme comprend un espace pour le traitement chimique des

⁶ Voir le site internet de l'IPNO pour plus de détails : <http://ipnwww.in2p3.fr/-Accelerateur-TANDEM->



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

cavités, une salle propre pour leur montage, des zones expérimentales équipées de cryostats verticaux et horizontaux, ainsi que des amplificateurs RF de puissance aux fréquences 88 MHz, 350 MHz et 700 MHz. Un descriptif détaillé des zones expérimentales est repris en annexe II.

1.2.2 Les groupes support aux deux pôles

Les pôles sont soutenus par trois groupes supports qui assurent les développements propres aux domaines et métiers nécessaires à la recherche et à la production d'éléments de lignes accélératrices : la modélisation et le calcul, la conception et la réalisation mécanique et électronique.

Les principales missions du groupe **Modélisation Calculs** sont : la conception générale des accélérateurs de particules et des systèmes associés, le calcul et la simulation de la dynamique des faisceaux, l'étude, la modélisation et la simulation de systèmes et composants spécifiques d'accélérateurs (thermodynamique, thermomécanique ...), le développement de nouveaux outils de calculs.

Les principales missions du groupe **Electronique Accélérateurs** sont de développer des systèmes électroniques Haute Fréquence, Haute tension et des diagnostics de faisceaux, nécessaires au fonctionnement des accélérateurs de particules. Le groupe offre son expertise en électronique Haute Tension pour le dimensionnement d'installations, la définition de cahiers des charges, l'étude et le développement selon la disponibilité des équipements.

Les principales missions du **Bureau d'Etudes Mécaniques** sont l'étude, la conception et le suivi de réalisation des composants pour les accélérateurs et les lignes de faisceau.

Le groupe a acquis une grande expérience et un savoir-faire éprouvé au travers de la collaboration CERN-CEA-CNRS pour la réalisation du LHC.

L'équipe assure les études mécaniques dans une démarche de conduite de projet, en utilisant un ensemble d'outils de gestion de données techniques et des procédures d'assurance qualité. Les prestations vont de la conception, des calculs et simulations, de la rédaction des spécifications techniques, des dossiers de plans, des appels d'offres, du suivi de fabrication à l'installation sur site. Le Bureau d'Etudes Mécaniques gère pour la Division Accélérateurs et le laboratoire un ensemble de services support aux outils communautaires : Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et Gestion de Données Techniques (GDT) avec les logiciels Catia® et Smarteam®, Gestion Electronique de Données (GED) avec les logiciels EDMS® et Atrium® et la qualité sur certains projets et infrastructures.

1.3 Structure d'un ensemble accélérateur

Les accélérateurs sont indispensables pour fournir aux particules l'énergie requise pour réaliser les expériences. Des particules émises par une source de particules chargées, sont accélérées dans un champ électrique. Des éléments de guidage magnétique ou électrostatique permettent de maintenir le faisceau sur la trajectoire voulue. Le faisceau circule dans un vide de bonne qualité afin d'éviter les collisions avec les particules résiduelles. Ce faisceau est délivré aux utilisateurs qui à travers des dispositifs expérimentaux complexes étudient les particules élémentaires générées au cours de la collision des particules du faisceau incident sur une cible (figure 3).

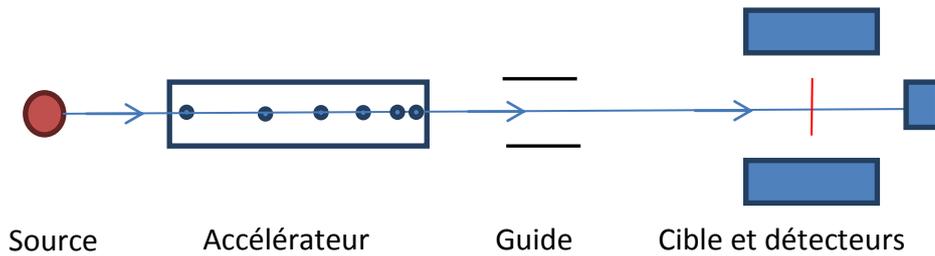


Figure 3 : schéma d'une ligne expérimentale [3]

1.3.1 Les accélérateurs de particules et les cavités supraconductrices

Les accélérateurs de particules permettent d'accélérer des faisceaux de particules chargées (ions, protons électrons), pour en augmenter l'énergie, au moyen de champs électriques et de guider et focaliser ces faisceaux, au moyen de champs magnétiques.

Un accélérateur peut être en forme d'anneau (accélérateur circulaire), ou en ligne droite (accélérateur linéaire). Dans le premier cas, les faisceaux circulent en boucle ; dans le deuxième, ils vont d'une extrémité à l'autre. Plusieurs accélérateurs d'énergie croissante peuvent être reliés, de façon à former une chaîne et amplifier la puissance des faisceaux émis.

Les projets actuels dans la gamme du TeV (10^{12} eV soit $1.6 \cdot 10^{-7}$ J) sont des accélérateurs linéaires à cavités radiofréquences. La longueur d'un accélérateur linéaire, donc son coût, croît avec l'énergie du faisceau. L'objectif est donc d'optimiser les gradients accélérateurs afin de réduire la longueur de la machine.

Les cavités radiofréquences sont des résonateurs qui permettent de stocker et d'amplifier le champ électrique destiné à accélérer un faisceau de particules chargées dans un accélérateur.

Pour pouvoir obtenir des champs accélérateurs de l'ordre de 45 millions de volts par mètre, il faut injecter une onde radiofréquence dans la cavité. Des courants de l'ordre de 10 à 1000 milliards d'ampères par mètre carré circulent sur la surface interne de la cavité et provoquent un échauffement des parois. La possibilité d'obtenir des champs aussi élevés est permise grâce à l'utilisation de matériau supraconducteur.

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

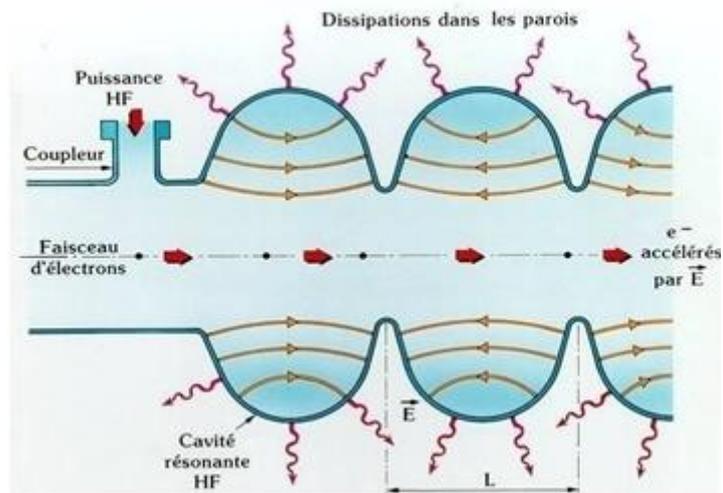


Figure 4 : Schéma de la distribution du champ électrique dans une cavité résonnante ⁷

En dessous d'une certaine température dite critique, 9 K (-264°C) pour le Niobium, un matériau peut passer à l'état supraconducteur. Il n'oppose plus aucune résistance au passage d'un courant électrique. Sa résistivité est proche de zéro et le courant peut circuler dans le matériau sans dissipation d'énergie. De plus un champ magnétique extérieur, suffisamment faible, ne peut pas pénétrer à l'intérieur du supraconducteur, il reste seulement à sa surface.

La supraconductivité donne accès à des champs plus élevés en réduisant la dissipation d'énergie dans les cavités RF et les aimants. Cela permet de construire des accélérateurs plus puissants et plus compacts et de les faire fonctionner plus économiquement.

La résistance d'un supraconducteur est environ 100 000 fois plus faible que celle du cuivre, d'où l'intérêt principal de cette technologie pour les cavités accélératrices. De plus, l'utilisation de cavités supraconductrices influence aussi le design de l'accélérateur et la qualité des faisceaux ainsi obtenus. Les cavités supraconductrices sont donc plus intéressantes et plus performantes. Différents modèles de cavités supraconductrices sont présentés figure 5.

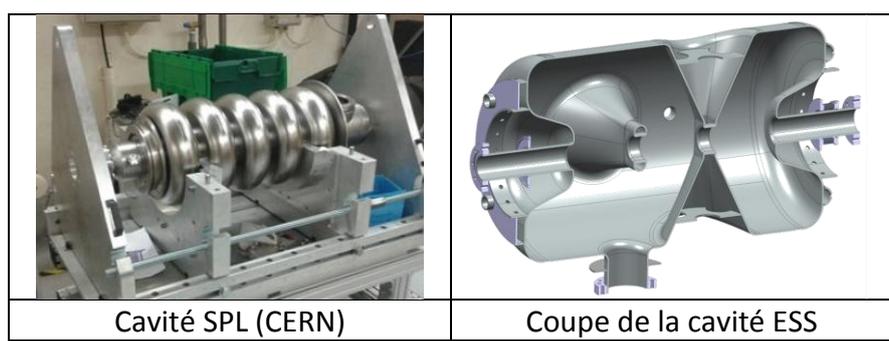


Figure 5 : Différents modèles de cavité

La maille élémentaire d'un accélérateur contenant des cavités supraconductrices Radio Fréquence (RF) et des composants nécessaires à leur fonctionnement à très basse température (cryogénique) s'appelle un cryomodule (figure 6).

⁷ <http://www.supraconductivite.fr>

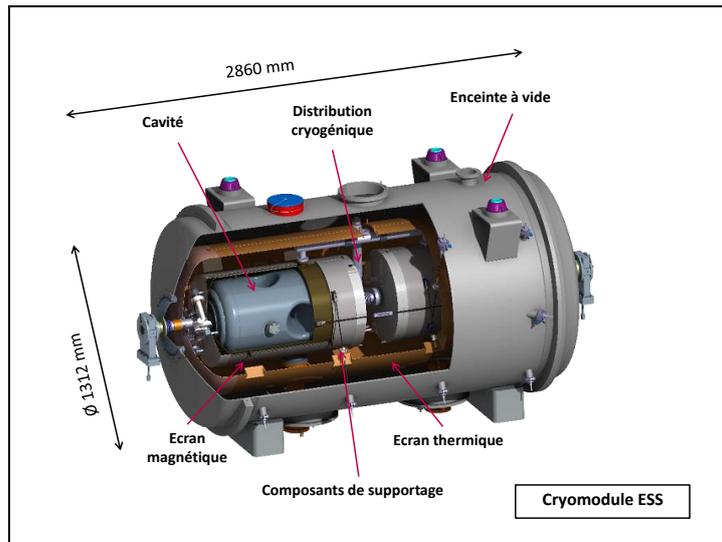


Figure 6 : Cryomodule ESS

1.3.2 Les défis technologiques des cavités supraconductrices

L'utilisation de la technologie des cavités supraconductrices permet d'atteindre de grandes capacités d'accélération et des gains en puissance du faisceau mais entraîne une forte réactivité aux imperfections générées lors de la fabrication, du conditionnement ou du fonctionnement des cavités. Le conditionnement permet, comme son nom l'indique, de conditionner la cavité pour ne pas induire d'effets néfastes lors de la montée en gradient. Des impuretés au sein du matériau ou en surface, des faibles variations de pression, des vibrations extérieures peuvent compromettre son bon fonctionnement.

Dans un environnement complexe sujet à des perturbations, la cavité mais aussi l'ensemble du module accélérateur doit fournir des conditions de fonctionnement stable tant mécanique que thermique ou électromagnétique. Ceci suppose d'être capable de maîtriser totalement la caractérisation des performances de la cavité seule et dans son cryomodule dans cet environnement cryogénique.

Les cavités d'épaisseur 4 mm en niobium sont fabriquées dans une entreprise extérieure au laboratoire.

Après réception la cavité est caractérisée à l'IPNO afin de déterminer si elle répond au cahier des charges. Après une phase de contrôle mécanique et dimensionnel, la cavité est conditionnée pour être testée dans un cryostat de test. Celui-ci offre des conditions optimisées pour évaluer les performances de la cavité. Si les tests sont concluants la cavité est ensuite testée en configuration machine dans son cryomodule pour caractériser les perturbations éventuelles apportées par le cryomodule et les équipements annexes. Les trois principales phases de caractérisation des cavités accélératrices et de leur module sont :

- la **réception** et le **conditionnement** des cavités,
- les **tests de caractérisation**,
- les **tests en configuration machine** dans un cryomodule.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Cette étude a été déployée pendant les phases de réception, de conditionnement et de tests de caractérisation de trois cavités prototypes.

Les tests de **réception** permettent de valider la fabrication de la cavité d'un point de vue mécanique et géométrique. Le non respect d'une côte fonctionnelle, la présence d'un défaut de surface, d'un défaut d'étanchéité mettra en péril le fonctionnement de la cavité et entraîne donc son refus. Un test d'alignement permet de vérifier l'alignement de l'axe faisceau et l'alignement de l'axe de la cavité.

Le **conditionnement** est une autre étape essentielle dans la préparation des cavités.

Pour le bon fonctionnement de la cavité, il est nécessaire d'éliminer la couche superficielle interne porteuse d'impuretés Plusieurs procédés successifs sont utilisés :

- dégraissage dans une cuve à ultra son,
- décapages chimiques successifs avec retournement de la cavité entre les cycles,
- rinçages haute pression et séchage sous flux laminaire en salle blanche pendant au moins deux jours (le week end par exemple),
- séchage en salle blanche.

Les différentes étapes sont suivies de rinçages intermédiaires à l'eau dé-ionisée.

La quantité de matière enlevée durant le traitement chimique est évaluée en pesant la cavité avant et après traitement. La cavité est ensuite fermée pour être mise en configuration de test. Des traitements supplémentaires comme un étuvage sous vide ou un recuit à haute température peuvent être ajoutés qui amélioreront ou pas les performances de la cavité. La nécessité de ces traitements supplémentaires sera validée par des tests de performance sur les prototypes, effectués avant et après ces opérations facultatives.

L'**évaluation des performances** d'une cavité supraconductrice se fait suivant un protocole de mesure bien défini. Différentes expérimentations successives sur la cavité permettent d'obtenir la courbe du facteur de qualité de la cavité Q_0 , image de la puissance dissipée dans la cavité, en fonction du champ accélérateur E_{acc} . Cette courbe est représentative de « la qualité » de la cavité supraconductrice et permet de diagnostiquer très rapidement si d'une part la cavité respecte le cahier des charges défini par le projet. Cela permet éventuellement de quantifier et caractériser les sources de dégradation des performances accélératrices.

Les mesures sont effectués en environnement cryogénique ($2K \approx -271^\circ C$) et sous des pressions de $10^7 - 10^{-9}$ mbar avec de l'azote liquide et de l'hélium liquide comme fluides cryogéniques. La maîtrise de la descente en température et en pression, l'amenée de la puissance RF se font en suivant toute une série de processus tout aussi délicats que les mesures elles-mêmes.

Cette problématique de performance technologique entre fondamentalement dans le champ de la qualité en recherche expérimentale. La qualité existe en tant que résultat intrinsèque à ces défis technologiques. La formalisation d'une démarche qualité permettra de l'explicitier et apportera un caractère original à sa mise en place. Cette démarche doit prendre en compte cet impératif de relever les défis technologiques et être au service de ces défis afin de maîtriser les produits, les process et les améliorer. Les **qualités humaines**, la **qualité des process** et la **qualité des produits** finis permettent de converger vers la **performance expérimentale** recherchée (figure 7).

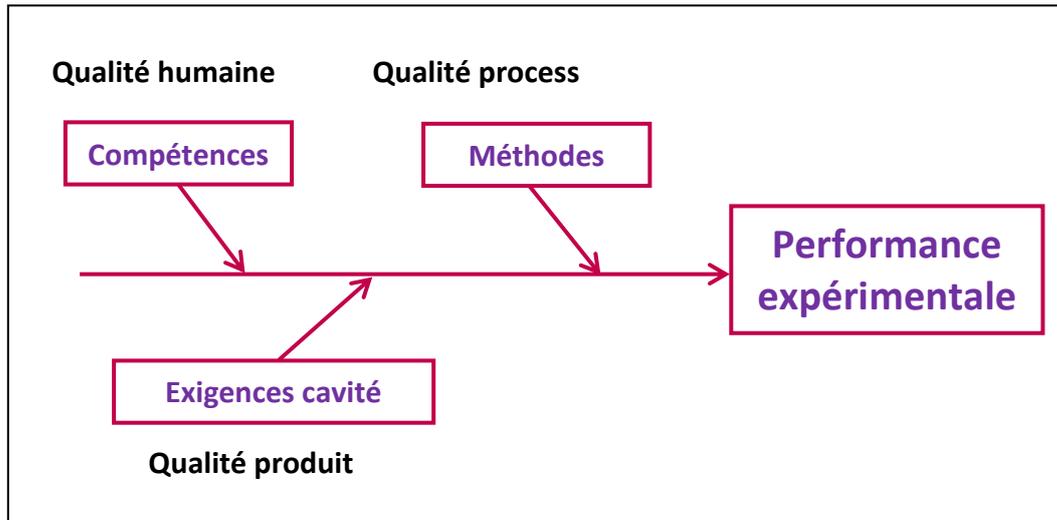


Figure 7 : La qualité au service de la performance expérimentale [3]

1.4 La qualité dans le laboratoire

1.4.1 La qualité à l'IPNO

La qualité à l'IPNO est très présente dans les activités liées aux risques émanant des thématiques au cœur des métiers du laboratoire. Deux services possèdent des référents Qualité : le service Dosimétrie et le service Prévention et Radioprotection.

Le service Dosimétrie de l'IPNO est agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour procéder à la surveillance individuelle de l'exposition externe aux rayonnements ionisants des travailleurs. Ce service intervient auprès des entreprises dont les travailleurs sont appelés à opérer en zone surveillée ou contrôlée. Il offre la fourniture et l'analyse et le suivi d'une sélection de dosimètres passifs. Il apporte également conseil et assistance technique.

Le Service Prévention et Radioprotection conseille et assiste la direction du laboratoire pour le respect et la mise en œuvre de la législation et de la réglementation en matière de protection des agents, du public et de l'environnement contre l'exposition aux divers risques professionnels liés à l'exposition aux risques ionisants ou non-ionisants, en particulier auprès des accélérateurs, et des aires expérimentales. Ces zones sont soumises à autorisation sous contrôle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

1.4.2 L'implication du laboratoire dans les réseaux inter labo

Le réseau QeR : Qualité en Recherche du CNRS

L'objectif du réseau Qualité en Recherche est d'apporter aux laboratoires du CNRS une approche et des outils leur facilitant le pilotage des activités de recherche et d'expérimentation. Les personnes de l'IPNO impliquées dans des démarches ou des actions qualité peuvent échanger, partager leur savoir faire, leurs expériences dans le cadre de ce réseau. Ce réseau de référence dans son domaine, propose également une offre conséquente de formation aux agents plus novices en Qualité.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Le réseau Qualité IN2P3

Le réseau Qualité IN2P3 complète le réseau QeR dans la thématique des « Très Grands Instruments de Recherche ». Un de ses membres a contribué au comité de normalisation de rédaction de la norme NF X50-553.

L'IPNO, au sein de l'IN2P3 participe à des projets de développement de grandes infrastructures internationales de recherche, détecteurs ou accélérateurs. Pour répondre à ces challenges, l'IN2P3 a mis en place il y a quelques années des référentiels communs à l'ensemble des laboratoires via un site web afin d'apporter les outils de travail à tous les acteurs impliqués dans la conduite de projet et la mise en place d'une démarche qualité au sein d'un projet ou d'un laboratoire.

Cette démarche qualité globale, impulsée par l'institut de tutelle, basée sur le volontariat des laboratoires et des chefs de projets n'a pas rencontré le succès escompté au niveau local. Nous assistons actuellement à la résurgence du réseau Qualité IN2P3 à partir de la mutualisation d'actions des acteurs de la qualité dans les laboratoires au plus près de la recherche et de ses applications avec le soutien affirmé de la Direction Technique de l'IN2P3 qui pilote un ensemble des groupes de travail.

1.4.3 La qualité projet

Plus que de Qualité projet, nous utilisons dans les laboratoires les notions de « conduite de projet ».

Compte tenu du contexte de recherche associé aux grands instruments internationaux, l'IPNO suit les règles de conduite de projet mises en place par les instances demandeuses, règles qu'elle décline en interne. En ce qui concerne les actions thématiques ou les projets de recherche, les différents acteurs mettent en place, de façon plus ou moins allégée, le management approprié à la conduite du projet de recherche en concertation avec la hiérarchie et les commanditaires extérieurs.

Les référentiels « qualité » et « projet » de l'IN2P3 reprennent les normes en vigueur en les adaptant à notre thématique des TGIR.

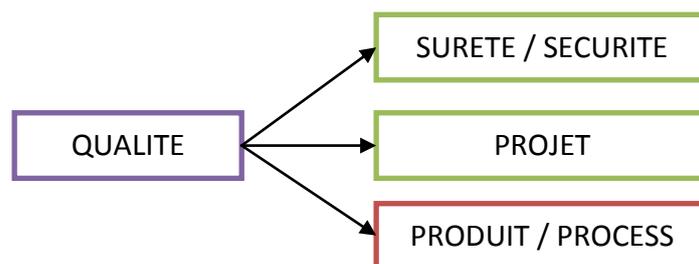


Figure 8 : Qualité à l'IPNO [3]

La qualité associée à la sûreté et à la sécurité des personnes et des installations est omniprésente dans le laboratoire compte tenu des thématiques de recherche et d'expérimentation de l'unité. La participation à des programmes de recherche et d'expérimentation auprès des TGIR (LHC⁸,

⁸ LHC : <http://home.web.cern.ch/fr/topics/large-hadron-collider>



SPIRAL2⁹ par exemple) a développé la culture qualité projet associée dans la Division Accélérateurs. Mais il y manque une ouverture qualité sur la partie produit/process qui est pourtant indispensable dans les activités actuelles pour conduire des projets expérimentaux de nature « quasi-industrielle » et manager les installations comme la plateforme technologique dans ce contexte de recherche universitaire (figure 8).

2 DIAGNOSTIC ET PROBLEMATIQUE : LES ELEMENTS MAJEURS

2.1 Manager la plateforme technologique en « production » dans un contexte de recherche

En septembre 2014, la plateforme technologique est en phase finale d'assemblage et de préparation des derniers cryomodules de type B, composants de la partie haute énergie de l'accélérateur linéaire SPIRAL2. Ces cryomodules conçus et réalisés dans les locaux du pôle SupraTech contiennent deux cavités supraconductrices et les éléments associés. Au total sept cryomodules et seize cavités ont été conçus, réalisés, assemblés et testés dans les locaux de la plateforme.

Parallèlement, la réalisation des cavités supraconductrices du projet ESS entre en phase active en septembre 2014, avec la livraison de trois cavités prototypes suivie par la production de vingt six autres cavités en 2017-2018. Enfin les projets de R&D qui permettent de compléter les connaissances et les compétences nécessaires à la poursuite des recherches dans le domaine des cavités accélératrices supraconductrices continuent leur développement.

La gestion de la disponibilité de la plateforme à la charge de son responsable est réalisée par projet à traiter, avec une vue trop limitée des contraintes de chacun. Ainsi la priorité dans l'utilisation de la plateforme semble donnée aux projets phares du laboratoire, consommateurs d'un grand nombre de ressources matérielles et humaines. Les projets de R&D ou non, de taille plus modeste, dont certains moins énergivores en ressource semblent retardés. Parallèlement les responsables de projets définissent leur prévision d'avancement sans discussion entre eux.

De plus, la plateforme SupraTech¹⁰, est un outil technologique dont l'installation a débuté il y a plus de 10 ans. Afin de garantir un fonctionnement optimum pour cette plateforme dans le temps, il est impératif d'effectuer les travaux de maintenance, les travaux de jouvence des équipements plus anciens, les améliorations suite aux demandes faites par les utilisateurs ou prévues par les exploitants du site, mais aussi à faire évoluer les équipements pour prendre en compte les avancées obtenues par la recherche sur les cavités. Une synthèse des exigences applicables à la plateforme est représentée figure 9.

⁹ SPIRAL 2 : <http://www.ganil-spiral2.eu/spiral2>

¹⁰ Voir descriptif en annexe II

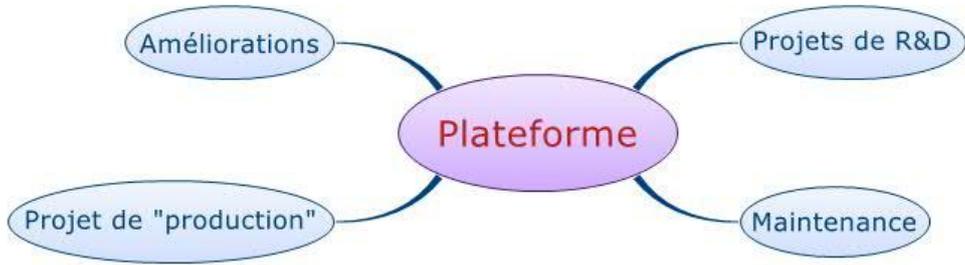


Figure 9 : Les exigences applicables à la plateforme [3]

2.2 Disposer d'une documentation au juste niveau

Au début 2014, lors de la réalisation, de l'assemblage et des tests des cavités et des cryomodules du projet SPIRAL2, l'équipe se familiarise avec un ensemble de documents, d'enregistrements demandés par le projet. Le système documentaire comporte un grand nombre de documents très complexes. Les documents trop complets, comportent un trop grand nombre de champs à renseigner. De ce fait une certaine quantité de données ne sont pas captées car jugées inutiles à transcrire. Ces documents ont été définis par l'équipe du projet demandeur, sans concertation avec les laboratoires partenaires.

L'expérience montre que pour mener à bien ce projet ainsi que les différents projets de R&D précédents, chaque projet et/ou laboratoires développe sur le tas, des modes opératoires internes à l'utilisation des équipements. Certains sont de tradition orale, d'autres sont rédigés de façon sommaire. Des procès verbaux et des rapports sont également créés. Les documents, quand ils existent sont spécifiques à chaque zone de travail et suivent la logique expérimentale du rédacteur sans prendre en compte les dernières évolutions de la zone.

Le système documentaire nécessaire à la réalisation du projet ESS n'ayant pas été défini par le management du projet demandeur, l'ensemble documentaire est donc à créer de toute pièce afin d'assurer la traçabilité des différentes étapes de fabrication, d'assemblage et de tests des produits à livrer. Une synthèse de l'état de la documentation en septembre 2014 est représenté figure 10.

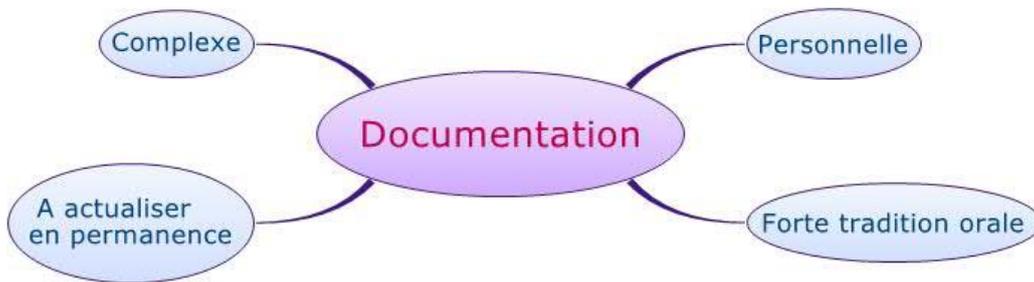


Figure 10 : Etat de la documentation process et produits en septembre 2014 [3]

2.3 Apprivoiser le système de gestion documentaire

L'activité projet étant organisée selon le référentiel de conduite de projet de l'IN2P3, la gestion de la documentation associée aux différents projets suit cette logique principalement dans la phase d'avant projet et de conception. Le bureau d'études enregistre et partage la majeure partie de la documentation relative aux projets de TGIR sur le logiciel de gestion électronique de données



EDMS® ou sur le logiciel de Gestion de données techniques Smarteam® associé au logiciel de conception assisté par ordinateur Catia® pour ce qui est de la modélisation 3D et des plans associés.

Les documents générés par les acteurs de la plateforme SupraTech sont quant à eux sauvegardés sur les ordinateurs de la zone de travail considérée ou sur leur ordinateur personnel. Certains sont également partagés via le serveur de groupe de la Division Accélérateurs. A cela s'ajoute toute une partie de la documentation en version papier. Le personnel de la plateforme étant conscient de l'importance de la documentation, l'information est globalement bien gérée de façon personnelle mais difficilement accessible à l'ensemble des acteurs intervenant auprès de la plateforme technologique. Beaucoup d'informations restaient sur les cahiers de laboratoires, certes efficaces mais très personnels et peu partageables.

Le système de gestion électronique de données EDMS®, mis à disposition par l'IN2P3 dans le cadre de la gestion des projets de TGIR n'est plus maintenu par le développeur depuis 2013. Bien qu'il ait été possible de continuer à l'utiliser de façon satisfaisante et sécurisée, son ancienneté ne permet plus de l'installer sur un serveur disposant d'un système d'exploitation actuel. Le centre de calcul, entité gérant les outils communautaires pour l'ensemble des laboratoires de l'IN2P3 procédera à son arrêt définitif en décembre 2015.

Il est progressivement remplacé par Atrium, nouvel outil de GED communautaire, qui tout en gardant des fonctions de partage et de sécurité des données identiques, présente un environnement plus convivial, plus actuel et sera plus à même d'être utilisé par les différents acteurs du pôle SupraTech dans le cadre des projets ou de la gestion des infrastructures.

2.4 Maîtriser le développement en préservant la Recherche

La montée en puissance des activités autour de la plateforme technologique, de son utilisation, accentuée par l'arrivée d'un projet de production de « type industriel » d'un nombre de cavités conséquents cristallise l'attention et montre les limites de l'organisation actuelle.

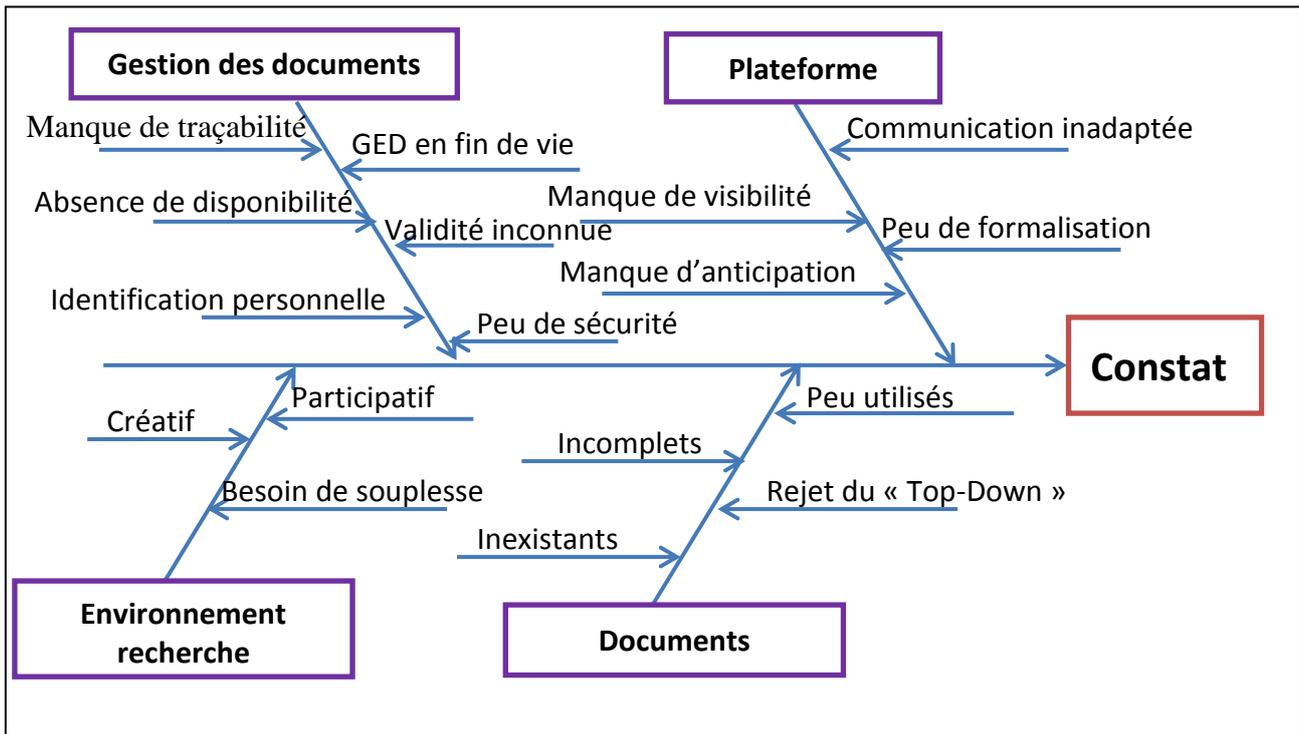


Figure 11 : Problématique du système actuel [3]

La figure 11 analyse la problématique du système existant en septembre 2014 et met en évidence la nécessité d'une structuration différente des activités autour de la plateforme et le besoin de mise en cohérence de l'ensemble des actions.

La mise en place d'une démarche qualité dans une logique d'amélioration doit permettre de répondre aux exigences explicites et implicites des différents acteurs et doit s'assurer de leur satisfaction toujours renouvelée. De ce fait elle apportera une optimisation de l'utilisation des équipements, une meilleure utilisation des compétences, une meilleure communication avec et entre les utilisateurs, une meilleure prise en compte des retours d'expérience. Elle permettra d'augmenter les performances du pôle SupraTech .

Elle conduira également à la pérennisation et l'accroissement des compétences, au développement de la transversalité entre activités et services, à l'optimisation des ressources.

3 CONCEPTION D'UNE DEMARCHE APPROPRIEE

3.1 Adopter un principe participatif

Le pôle SupraTech de la « Division Accélérateurs » est composé de personnel technique travaillant sur des projets de TGIR. Le contexte culturel est très marqué par les activités d'expérimentation réalisées dans un environnement de haute technicité. Le personnel a acquis au fil du temps un savoir-faire indiscutable en technologie des accélérateurs. C'est un collectif motivé, innovant, créatif possédant des compétences reconnues dans le domaine de l'expérimentation et du développement d'instruments scientifiques opérant dans des conditions extrêmes, à des températures cryogéniques (2K, -271 °C) sous ultra-vide ($<10^{-7}$ mbar).

Dans ce contexte de recherche expérimentale, sans cesse en évolution, il est peu productif voir impossible de maîtriser les changements relatifs à l'activité si les informations ne sont pas



partagées et gérées collectivement. La mise en place d'une démarche qualité ne peut se concevoir que comme un système participatif auquel chacun apporte les différentes briques de la construction collective, l'améliore en permanence en l'utilisant afin de suivre les avancées technologiques ou organisationnelles pour préserver les activités de recherche tout en assurant la production quasi-industrielle d'une série de cavités. Ce système se fonde sur une démarche participative et collaborative afin que les axes définis ensemble, et qui seront à traiter soient partagés et portés par l'ensemble du collectif.

3.2 Identifier les chantiers et définir les priorités

Afin de répondre au mieux à cette attente participative, une cellule de travail a été constituée pour identifier les chantiers et définir les priorités. Cette cellule est composée des responsables des infrastructures et groupes d'exploitation de la plateforme et du responsable de la plateforme. La Figure 12 détaille les différentes étapes de la démarche d'identification des actions obtenues avec l'utilisation des outils de base de la qualité. La démarche complète est reprise en annexe III.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

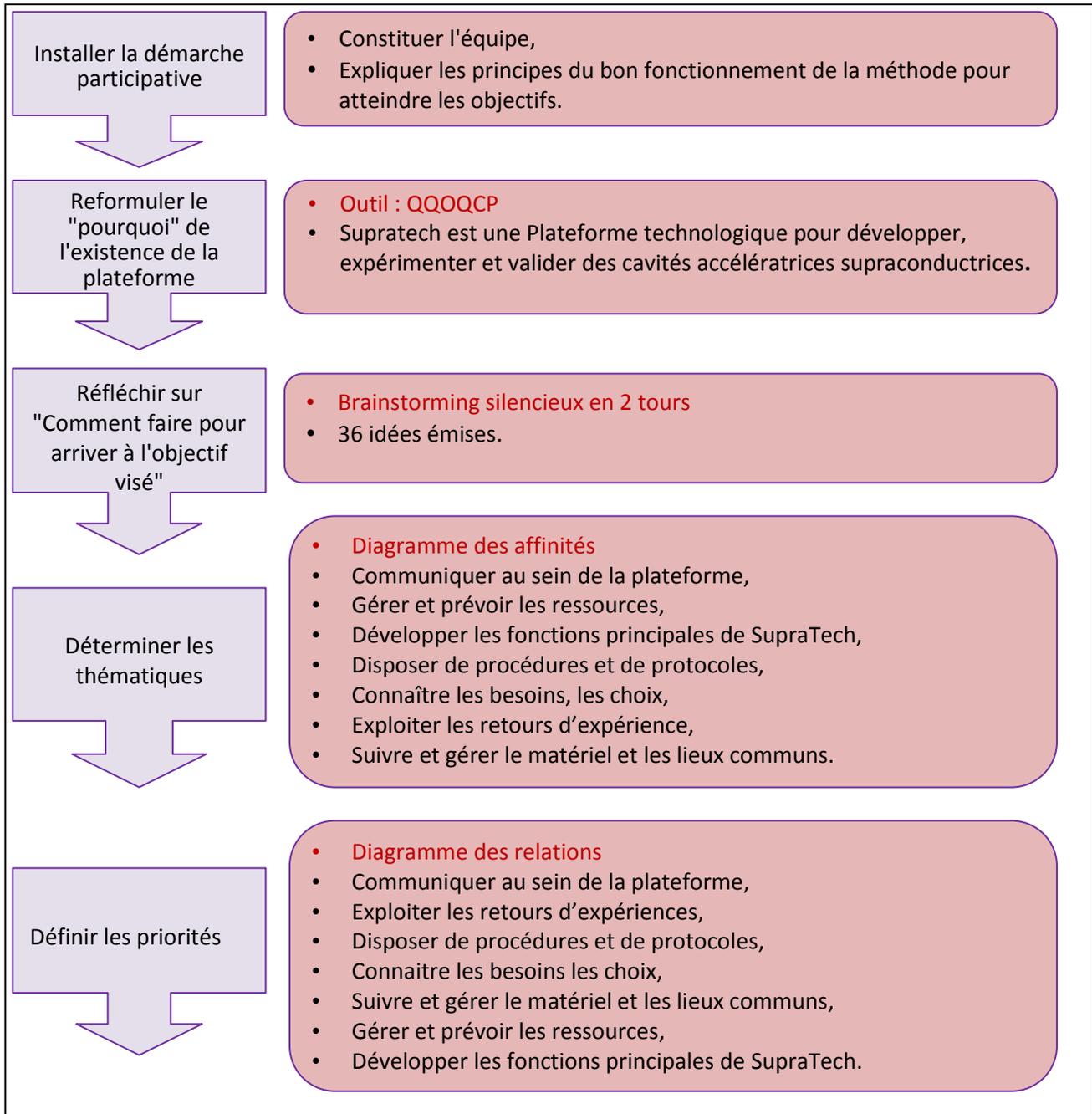


Figure 12 : Processus d'identification des chantiers [3]



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Première conclusion

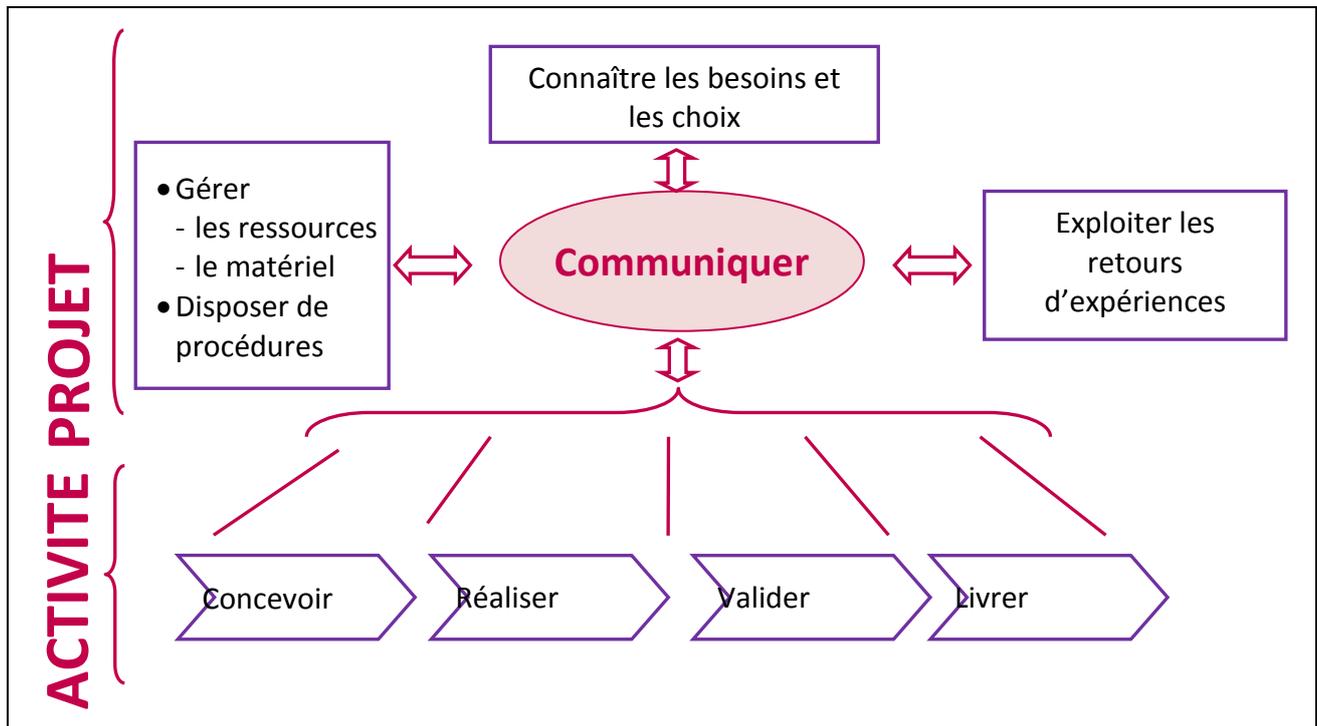


Figure 13 : Rôle du Projet NQCE / Activité de production d'instruments scientifiques [3]

Le travail collectif met en évidence l'importance de la **démarche participative** et du rôle primordiale de la **communication**, de l'**interaction** nécessaire entre les différentes personnes d'un projet au niveau de sa réalisation technique, avec les groupes intervenants en amont comme les groupes de conception et de simulation ou avec les acteurs de projets similaires antérieurs ou simultanés afin d'exploiter le retour d'expériences.

→ La **communication** au sein de la plateforme n'est pas une action à mettre en œuvre en soi, mais un **fil conducteur** qui guidera la réalisation de toutes les actions à entreprendre.

Un autre élément clé qui ressort de cette analyse collective est la volonté d'anticiper la gestion prévisionnelle des ressources et matériels opérationnels pour atteindre l'objectif demandé grâce à la mise à disposition de méthodes et procédures. L'ensemble de ces éléments est repris figure 13.

→ Un plébiscite de la **démarche processus** dans le cadre de la réalisation d'un projet !

3.3 La situation initiale et les contraintes fortes

Une planification dynamique stratégique du projet reprenant les axes de l'étude a également été réalisée ; elle est consultable en annexe.

3.3.1 Documentation de la réalisation des prototypes

L'arrivée des prototypes du projet ESS en septembre 2014 a offert une très bonne opportunité d'initier très rapidement, un système documentaire au plus près des besoins de l'activité du pôle SupraTech.

Ce délai très court en fait un des axes à traiter prioritairement. Ce système doit assurer la traçabilité des différentes étapes et permettre la répétabilité des modes opératoires.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

A partir de modèles communs et partagés il s'agit de réaliser un ensemble de documents qui permet de formaliser a minima les processus opérationnels, les procédures et modes opératoires, les formulaires et enregistrements pour chaque opération effectuée sur les cavités.

Le retour d'expérience des projets antérieurs a alimenté la rédaction de ces documents et ils ont été éprouvés et améliorés tout au long de la préparation, de l'assemblage et des tests des cavités prototypes. Les documents non terminés ou non réalisés à la fin du prototypage devront impérativement l'être avant le lancement de la série des 26 cavités en 2017-2018.

Il convient également de s'attacher à la documentation relative à la gestion des écarts ou des non-conformités d'un produit, à leurs traitements et à l'état d'avancement d'un produit.

3.3.2 Système de Gestion de la documentation

En juin 2014, dans une phase préliminaire, l'arbre produit du projet (PBS) a été consolidé afin de servir de support à l'identification documentaire, première étape indispensable à la réalisation de l'ensemble des documents nécessaires à la création du système de gestion documentaire du projet en phase de préparation, assemblage et tests.

Il est également nécessaire de poursuivre la réalisation du système de gestion documentaire en définissant des règles connues et partagées par tous. Dans une optique d'adhésion de l'ensemble des acteurs du pôle SupraTech, le système doit être simple, complet, accessible, connu de tous et prendre en compte la souplesse inhérente aux activités dans un contexte de recherche.

Une attention particulière est apportée à la définition, à la validation et la modification des documents en cohérence avec l'évolution apportée au produit ou aux opérations le concernant au fil du temps. Les niveaux de responsabilité de chacun sont précisés et connus dans les différentes opérations réalisées, même s'il découle naturellement de l'organigramme fonctionnel du projet.

La priorité est donnée à la prise d'information lors de la réalisation des différentes opérations. Mais la sécurisation et la mise à disposition des enregistrements sur le système de gestion documentaire doit se concrétiser rapidement.

Il convient d'être vigilant à la continuité de la disponibilité de ces enregistrements et plus globalement de tous les documents du système documentaire compte tenu du changement annoncé de l'outil de Gestion Electronique des données. Il est nécessaire d'anticiper ce changement avec les acteurs du pôle Supratech pour ne pas mettre en défaut la Gestion documentaire des projets.

3.3.3 Gestion de la plateforme

Comme il a été énoncé dans les chapitres précédents, il convient de mettre en place un processus de gestion de la plateforme et de réaliser un outil permettant d'organiser l'utilisation des différentes zones de travail de SupraTech et des ressources associées pour optimiser les temps de disponibilité et d'utilisation dans le cadre d'une production pseudo-industrielle de cavités tout en préservant les activités de recherche du pôle SupraTech.

Dans ce contexte une gestion documentaire cohérente et homogène des documents inhérents aux appareillages s'impose également, en adéquation avec les différentes actions mises en place sur les projets dans ce domaine.



En conclusion l'état des lieux de la situation initiale fait apparaître un ensemble d'actions corrélées à développer autour de trois axes privilégiés tout en gardant une vision globale, visant à mettre en évidence l'interaction des différents processus et permettant d'assurer une cohérence et une homogénéité au système de management de la qualité de l'activité. Dans une logique qualité, à ces trois axes s'ajoute celui de l'amélioration. Le graphe figure 14 récapitule les actions à mettre en place.

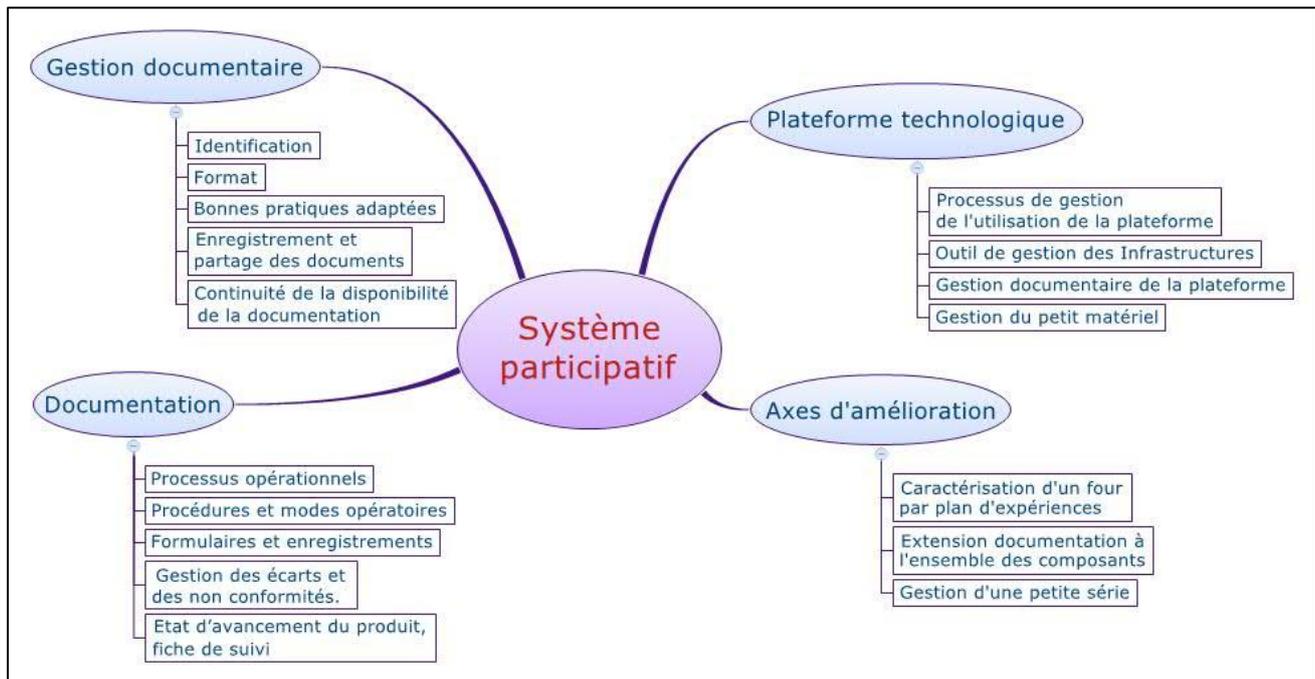


Figure 14 : Carte heuristique des actions du système participatif

4 DEPLOIEMENT DE LA DEMARCHE SELON DES AXES CONSENSUELS

4.1 Choix des règles de gestion documentaire adaptées

Tout système de gestion documentaire doit garantir la fiabilité, la reproductibilité et la validité des résultats ou informations fournies.

L'objectif de cette documentation tient en deux points :

- Mettre en commun les bonnes pratiques, utiliser les mêmes méthodes de travail, homogènes d'un poste à l'autre, quelque soient les acteurs ou les périodes considérées.
- Etre capable de tracer en interne, l'ensemble des opérations effectuées, des valeurs mesurées, des aléas rencontrés en vue d'une exploitation ultérieure dans le cadre d'un fonctionnement normal ou spécifique des cavités afin de trouver à tout moment et même longtemps après la réalisation d'une activité, la nature des opérations et mesures effectuées et la validité des interprétations.

Pour ce faire, il convient aussi que l'archivage des données et des paramètres d'une activité soit sécurisé et ce pendant une durée suffisante.

Les documents n'ont pas vocation à être diffusés à l'extérieur du laboratoire.

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Le système doit être le plus simple possible d'utilisation et de gestion. Le nombre de règles et de documents formalisés doit être réduit au minimum et adapté à cette exigence implicite qui, une fois satisfaite sera un des gages de succès.

La mise en place du système documentaire a suivi une démarche participative. Chaque terme, chaque règle, chaque étape, chaque document a été défini par et avec les utilisateurs, en cohérence avec les bonnes pratiques du métier et avec le référentiel de conduite de projet de l'IN2P3. Cette méthode malgré son aspect très chronophage au départ, a grandement facilité l'appropriation des documents par chacun des acteurs confrontés au système documentaire.

La définition d'un document à trois ou quatre personnes mobilise plus de ressources au départ mais en se nourrissant directement des idées de chacun, facilite indiscutablement la finalisation et son utilisation en est plus intuitive.

Ce système est un recueil de bonnes pratiques qui prennent leur source dans les référentiels IN2P3 de conduite de projets « gestion de la documentation » [4], « gestion de la configuration » [5].

La pyramide figure 15 illustre le système documentaire appliqué au projet prototype.

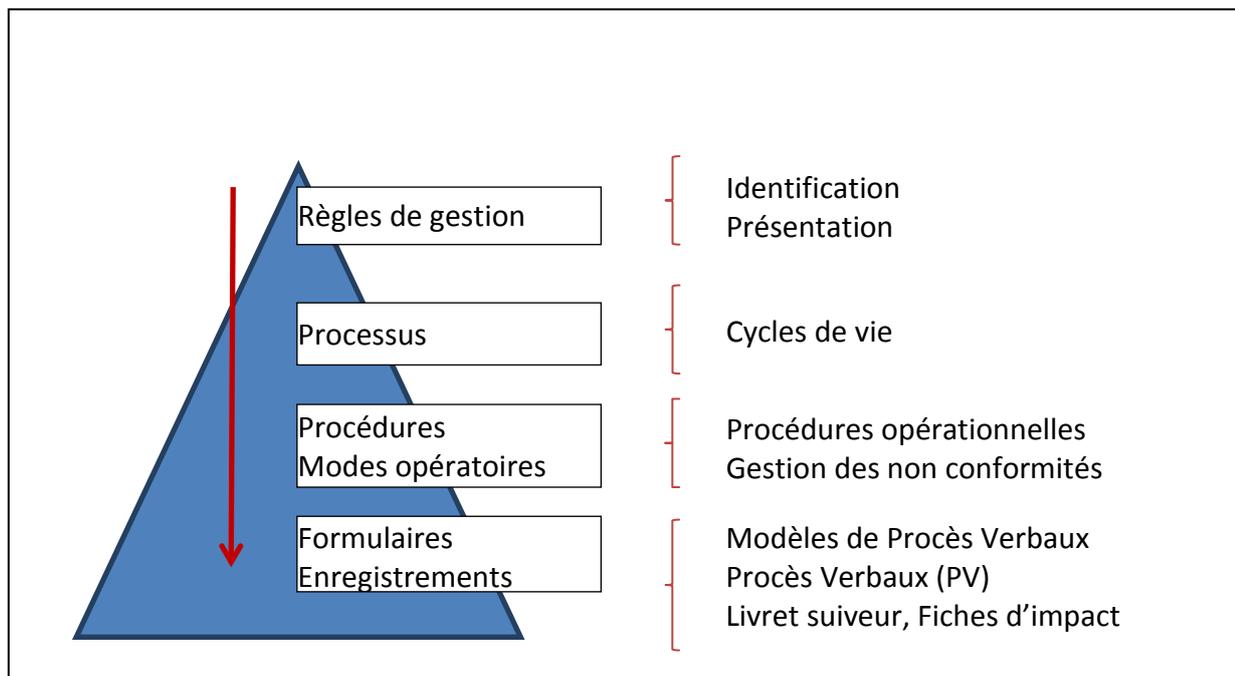


Figure 15 : Pyramide documentaire du projet prototype [3]

La démarche chronologique de création des documents suit la structure descendante de la pyramide. Après la définition des règles d'identification, la présentation des documents a été élaborée. Parallèlement, les processus de réalisation ou opérations effectuées ont été explicités et organisés dans un document appelé « cycle de vie ».

S'en est suivi la réalisation d'une première série de modèles de documents, en particulier en ce qui concerne les procédures et les formulaires.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

4.1.1 Processus général et identification documentaire

La première étape de ce travail sur la documentation et sa gestion a été de définir, avec le responsable et l'ingénieur système du projet en interne, l'identification documentaire relative aux documents qui seront générés lors de l'intégration des cavités supra conductrices et des cryo-modules du projet ESS. Etant issue de la décomposition structurée du produit (PBS), et en corrélation avec la nomenclature des pièces et des plans définie au Bureau d'Etudes, cette identification peut s'étendre ultérieurement à l'ensemble des éléments composant l'assemblage des cavités.

Un processus global définissant les différentes étapes de la vie d'une cavité et des éléments associés a été formalisé. Il est borné par l'arrivée des éléments au sein de la plateforme SupraTech d'une part et leur départ définitif pour ESS, en Suède, après intégration d'autre part. Il reprend l'ensemble des opérations réalisées pour la réception, la préparation, l'assemblage, les tests et le transport des cavités et des éléments associés. Ce processus est communément appelé « cycle de vie général » et est explicité Figure 16.

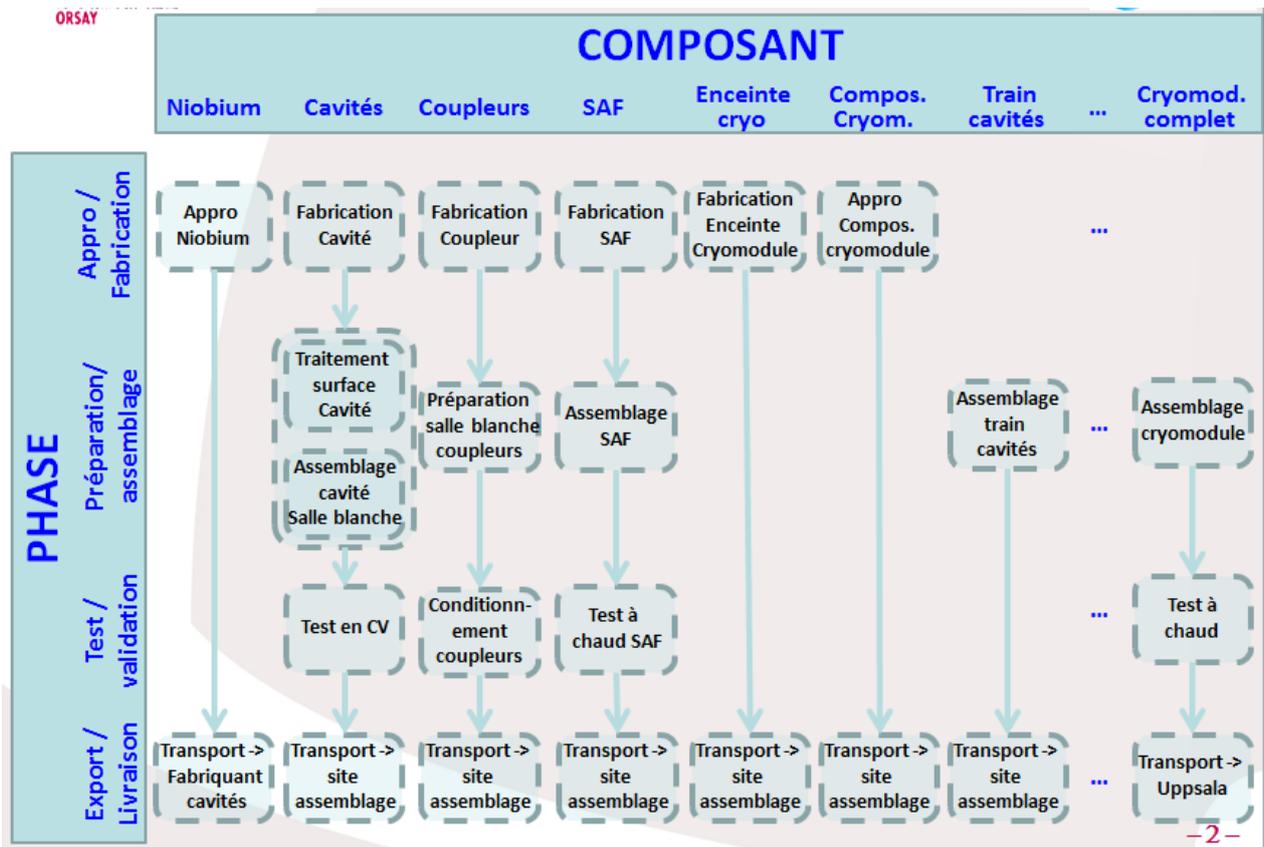


Figure 16 : Processus général d'intégration des cavités et des éléments associés au sein de la plateforme [6]

A partir des composants et des phases de réalisation, ce processus général permet de poser les bases de l'identification documentaire nécessaire à la gestion des documents relatifs à la description de l'ensemble des activités générées et aux enregistrements associés.

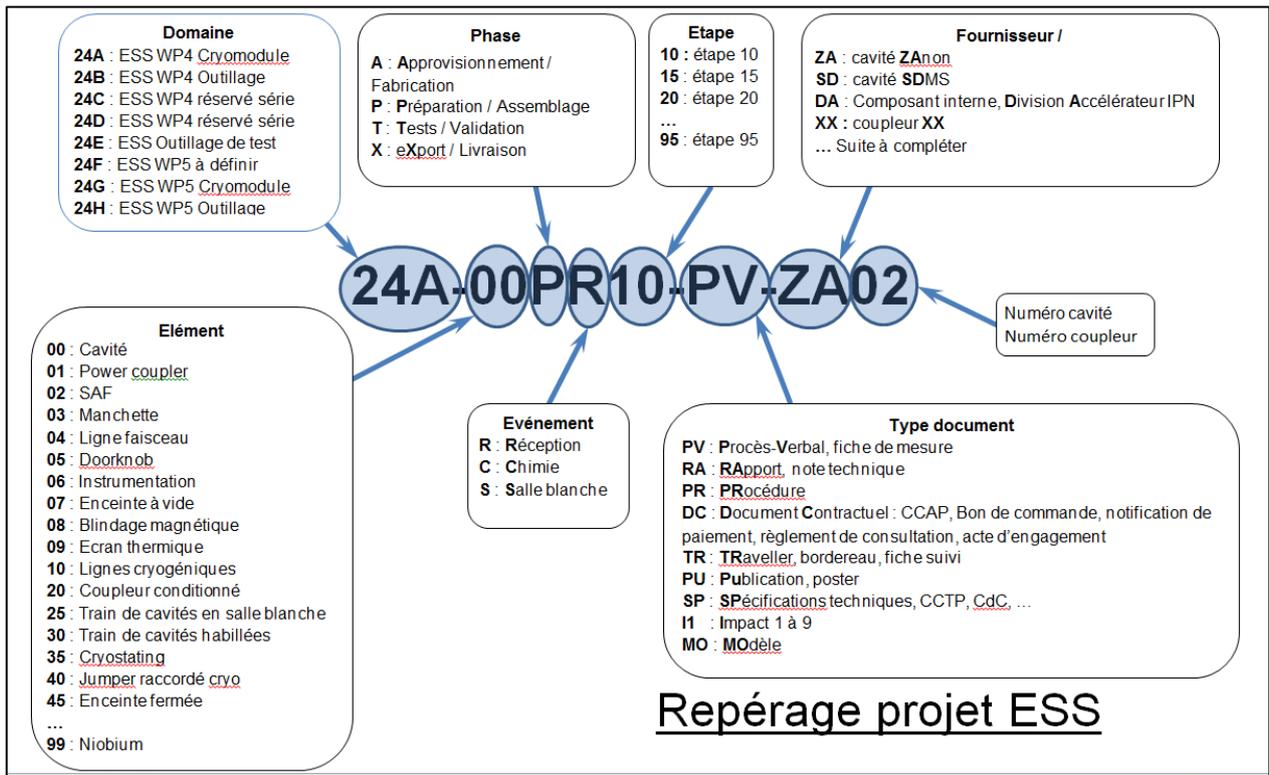


Figure 17 : Identification documentaire du projet ESS [7]

Cette identification documentaire (figure 17) répond également à l'objectif d'identification des composants eux-mêmes sans conversion préalable dans une table de correspondance document/élément. En ne mettant pas les identifiants relatifs aux documents, on accède à la codification composant (ex : 24A-00-ZA02 caractérise la cavité n°2 produite par la société Zanon). Cette identification sera marquée de façon lisible et durable sur le produit.

Ce processus répond au double objectif de gestion de configuration et de gestion documentaire, exigence implicite de simplicité qui s'est révélée au fil du temps.

Chaque document ou chaque produit possède une seule et unique identification.

Cette numérotation simple et efficace est maintenant éprouvée et complétée au fur et à mesure de l'apparition de nouveaux fournisseurs.

4.1.2 Présentation des documents

Les documents sont rédigés en français. La mise en forme des différents documents est homogène afin d'apporter une cohérence à l'ensemble des documents produits.

Un support adapté pour une souplesse d'utilisation

Les documents sont réalisés au format numérique, essentiellement sous Word et Excel. Ils seront exploités au format natif.

Le format pdf, plus contraignant, fige une partie du document et rend plus difficile l'ajout d'éventuelles modifications en vue d'améliorer le processus ou la prise de données par exemple. Ces modifications sont gérées et gérables par l'ensemble des acteurs intervenant dans l'activité, sur tout poste de travail par définition.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Le nombre d'informations captées, peut, pour des éléments de même nature, varier en fonction des données mesurées, des conditions de fabrication, de l'environnement de l'opération... . La prise d'informations captées sera plus souple et ne sera pas limitée par une contrainte de format.

Cette approche répond au caractère expérimental de mise en œuvre et de caractérisation des cavités et à la nécessité de réactivité l'accompagnant lors de la prise de données par exemple.

Les documents sont exploités en version papier ou numérique au libre choix de l'utilisateur. Lorsqu'ils sont manuscrits, les enregistrements peuvent être scannés au format pdf de préférence. Les documents manuscrits sont généralement retranscrits au format numérique une fois l'opération terminée, pour une plus grande lisibilité et une meilleure exploitation ultérieure.

Maîtrise des documents : Adapter les bonnes pratiques métiers à la spécificité de l'activité

Le format type de document répond aux règles de bonnes pratiques de la gestion documentaire, utilisée en adéquation avec le référentiel projet de l'IN2P3.

- Chaque page d'un document doit être clairement identifiée par un encart en haut de la page comprenant le logo du projet et celui du laboratoire, la codification et le titre du document, le numéro de page, l'identifiant du document dans le système de Gestion électronique de données avec l'indice de révision, la référence du formulaire associé au document pour les enregistrements.
- Chaque document possède une page de garde comprenant l'entête, le bloc de modification, le bloc identifiant les rédacteurs. Il peut y figurer une zone réservée à un bref résumé permettant de compléter la nature du document et de l'opération concernée si nécessaire.
 - Le **bloc de modification** doit permettre
 - d'identifier rapidement l'historique des modifications, des parties du document concernées par les modifications,
 - de situer les modifications par rapport à l'évolution de l'opération et des produits concernés (numéro de pièce à partir de laquelle la modification est applicable),
 - d'identifier les raisons des évolutions en particulier s'il s'agit des suites d'une non-conformité, de l'évolution de l'opération réalisée.
 - Le **bloc d'identification des auteurs du document** doit permettre
 - d'identifier la date de mise en service du document,
 - d'identifier le rédacteur et le vérificateur du document,
 - d'identifier l'approbateur. L'approbateur gère le document en termes de qualité à savoir la conformité par rapport aux critères définis pour le respect de la traçabilité et en assure l'archivage.

Le rédacteur et le vérificateur sont les personnes qui interviennent techniquement dans le cadre de la réalisation de l'opération et de la prise de données associées.

La finalisation du document est obtenue par l'apposition des signatures de ces trois personnes.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Un modèle de document répondant à l'ensemble de ces critères a été réalisé et mis à disposition des personnes participant à la création des documents du projet afin de servir de base aux nouveaux documents créés. Il est accessible sur la GED et figure en annexe IV.

Il est à noter que :

- la notion de validation du document n'a pas été intégrée. Dans le cas de la mise au point de dispositif expérimental, la prépondérance est donnée à la validation du produit issu d'une opération et non à la validation du document lui-même.
- l'état du document ne figure pas sur la page de garde, par défaut la dernière version du document est applicable. Par retour d'expérience, il a été convenu qu'un document présentant un risque avéré porterait un filigrane sur toutes les pages indiquant un état non applicable (en projet, ou obsolète). La déclaration d'obsolescence est à la charge du responsable qualité en concertation avec le responsable d'activité.
- en pratique les documents ne sont pas signés. La signature numérique n'est pas un outil maîtrisé actuellement. Pourtant le système fonctionne. Un axe de réflexion portera sur la nécessité de maintenir ou non la demande de **signature** sur tous les documents ou de la limiter au document de suivi des opérations appelé « livret suiveur » sous forme numérique. Pour cela, à travers la réflexion les « Pourquoi », la valeur ajoutée de la signature sera explicitée ou non.

Le diagramme figure 18 reprend les principales caractéristiques des règles de la gestion documentaire.

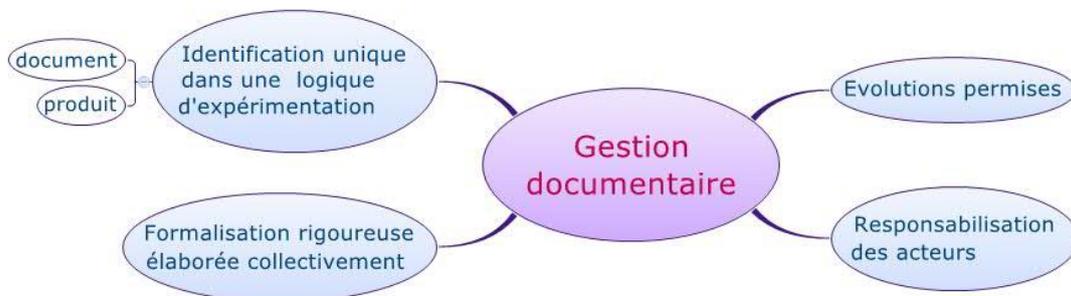


Figure 18 : Les caractéristiques des règles de gestion documentaire

4.1.3 Gestion et partage des documents

Enregistrement des documents

Dans le respect des bonnes pratiques et conformément aux recommandations figurant dans le référentiel IN2P3 [4], [5] relatif à la conduite de projet, les documents sont enregistrés et partagés sur le système de gestion électronique de document EDMS® partagé par l'ensemble des laboratoires de l'IN2P3. L'architecture globale d'enregistrement des documents du projet, défini pour la phase de conception, a été complétée pour les activités de réalisation en concertation avec l'équipe de réalisation (figure 19). Elle évoluera en fonction des besoins avec la préparation des cavités de série. Les données sont accessibles à l'ensemble des acteurs du projet.



Figure 19 : Architecture globale du projet dans la GED EDMS®

Dans la pratique, on constate que le système de GED actuel est principalement utilisé à des fins d'archivage, plutôt que de partage. Les rédacteurs ont une certaine réticence quant à la mise à disposition d'un document qui n'est pas suffisamment avancé. De plus les documents une fois déposés dans la GED changent très rarement de statut, restant à l'état « in work » alors qu'ils sont validés. A cela s'ajoute le manque de souplesse du logiciel actuel EDMS®, qui de plus, n'entre pas dans le cadre des pratiques courantes du personnel en charge de la réalisation des cavités.

La démarche intellectuelle correspondrait plutôt au principe du « wiki ». Dans cet environnement de recherche, les documents évoluent petit à petit pour tenir compte de l'évolution technique, ou pour améliorer le document lui-même. Mais en même temps, il ne peut pas s'agir d'un vrai « wiki » puisqu'il faut assurer la traçabilité de ces évolutions. Le nouvel outil de GED Atrium®, plus souple d'utilisation, devrait permettre, une fois « apprivoisé », de se diriger vers ce nouveau concept de gestion de documentation.

Continuité de la disponibilité de la GED

L'arrêt de l'outil de gestion électronique de données EDMS® est programmé pour la mi-décembre 2015, date à laquelle il sera définitivement remplacé par Atrium® (figure 20).

Figure 20 : Architecture globale d'un projet dans la GED Atrium®



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

L'organisation des données varie d'un logiciel à l'autre. L'arborescence d'EDMS® (figure 21) comporte une zone de travail, qui se découpe en projets, activités et laboratoires. Celle d'Atrium® (figure 22) possède une zone de publication qui reprend la structure projets, activités, laboratoires également et une zone grand public destinée à recevoir par exemple les documents attachés aux pages web, et une zone de travail qui se découpe de la même manière que celle d'EDMS®.

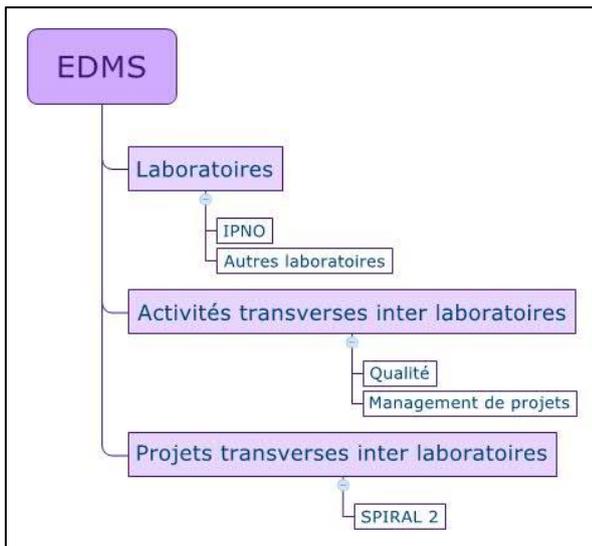


Figure 21 : Arborescence générale d'EDMS® [3]

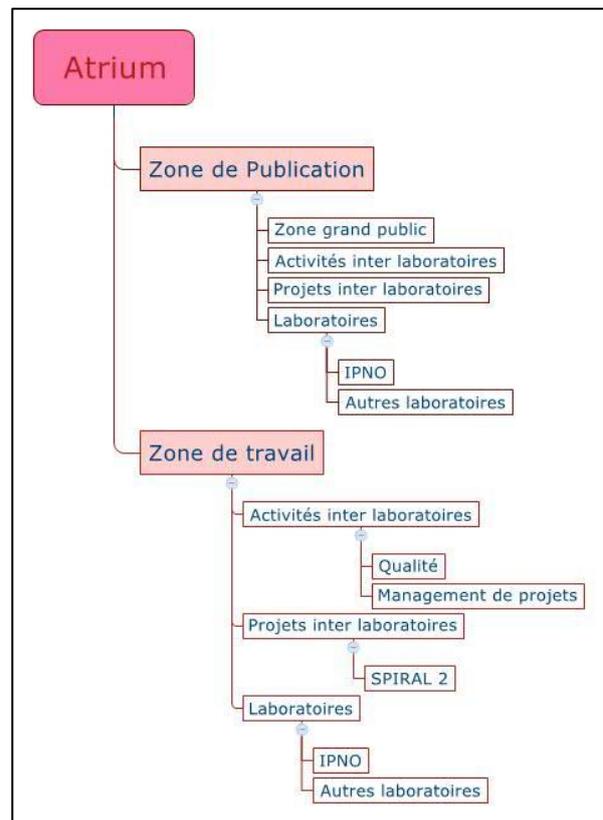


Figure 22 : Arborescence générale d'Atrium® [3]

Ce changement d'outil est une contrainte forte et imposée. Il convient, pour le bon déroulement des projets, d'être très vigilant pendant la transition de EDMS® à Atrium®, pour que cette transition ne soit pas un frein à l'application des bonnes pratiques des utilisateurs convaincus de la nécessité d'une GED. En même temps il faut amener les autres à utiliser cet outil, permettre aux projets sous la GED de ne pas subir de rupture de disponibilité et d'assurer le démarrage des nouveaux projets.

Les exigences projets versus utilisateurs sont reprises sur le tableau figure 23

	Projets sous la GED EDMS®	Nouveaux projets
Utilisateurs de la GED EDMS®	Assurer la continuité de service	Maintenir les bonnes pratiques sous Atrium
Nouveaux utilisateurs de GED	Permettre une immersion dans l'existant en informant / formant	Former à la culture GED et à l'usage de l'outil d'Atrium en association à la conception des espaces nouveaux

Figure 23 : Exigences utilisateurs versus projets à prendre en compte lors de migration de GED [3]



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Les principales étapes du processus de déploiement sont reportées sur le processus de déploiement (figure 24)

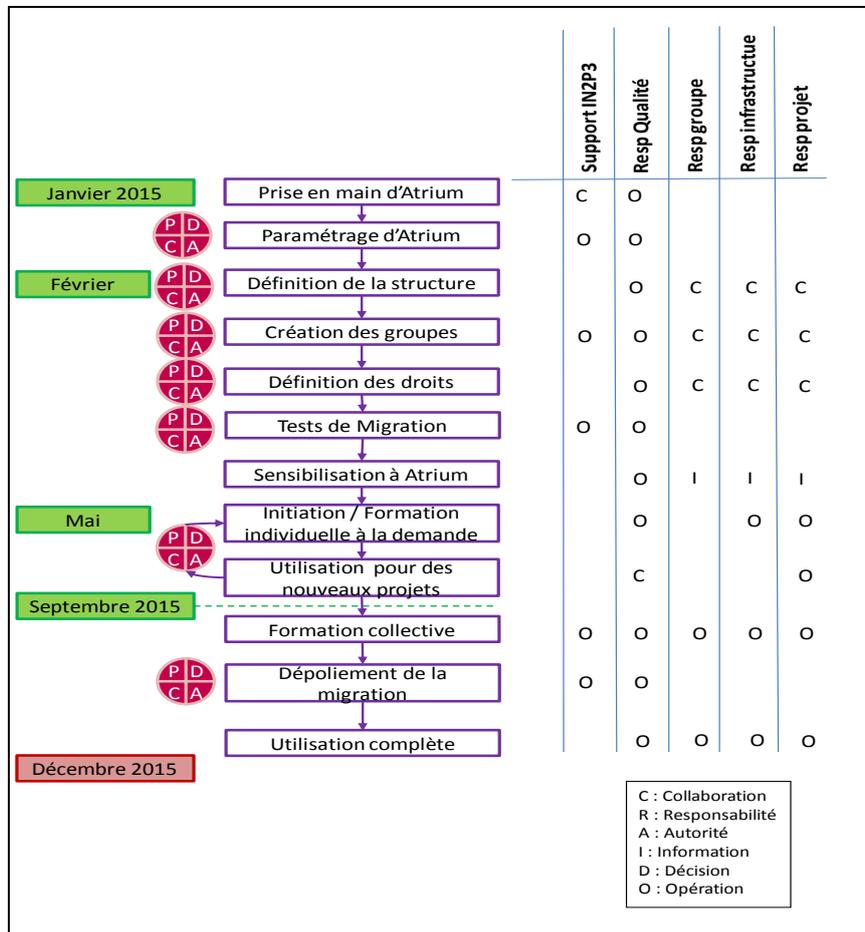


Figure 24 : Processus de déploiement de la nouvelle GED [3]

Il est à noter que ce processus a été mené dans une démarche très collaborative afin de répondre au mieux aux exigences définies préalablement.

L'arborescence de la structure documentaire Atrium® a été définie par retour d'expérience sur l'utilisation d'EDMS®. Dans un souci de continuité, les zones utilisées sous EDMS® sont reproduites à l'identique sous Atrium®. Les zones non utilisées ou inexistantes sont définies collectivement afin de prendre en compte les exigences des acteurs concernés. Une des exigences fortes est la nécessité de créer une configuration permettant de favoriser la traçabilité des documents malgré les mouvements de personnel. Une attention particulière a été portée à l'arborescence de la zone dédiée à la plateforme SupraTech qui n'était pas utilisée sous l'ancienne GED.

Prendre en compte de la différence concernant les statuts des documents

Dans EDMS®, trois statuts sont principalement utilisés pour les documents :

- « in work »: le document est en cours d'écriture,
- « released » :
- « obsolete » :
 - le document devient « obsolete » par le passage à une version supérieure,

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

- le document n'est plus applicable mais une trace doit être gardée ; il est déclaré « obsolète » par la personne compétente. Il est toujours possible d'accéder aux documents « obsolète » de ce type.

Dans Atrium®, trois statuts sont également disponibles :

- « en projet » le document est en cours d'écriture,
- « validé » : le document est validé. Si c'est la dernière version, il est applicable,
- « supprimé » le document est supprimé, dans une zone équivalente à la « poubelle ».

Cette démarche de suppression n'est pas compatible avec la traçabilité documentaire des systèmes d'assurance qualité. Pour l'instant, les documents supprimés sont conservés mais rien ne garantit qu'à l'avenir, le besoin d'espace supplémentaire ne génère pas la nécessité d'éliminer définitivement certains documents supprimés de la base de données. La figure 25 décrit les différents états des documents et leur évolution.

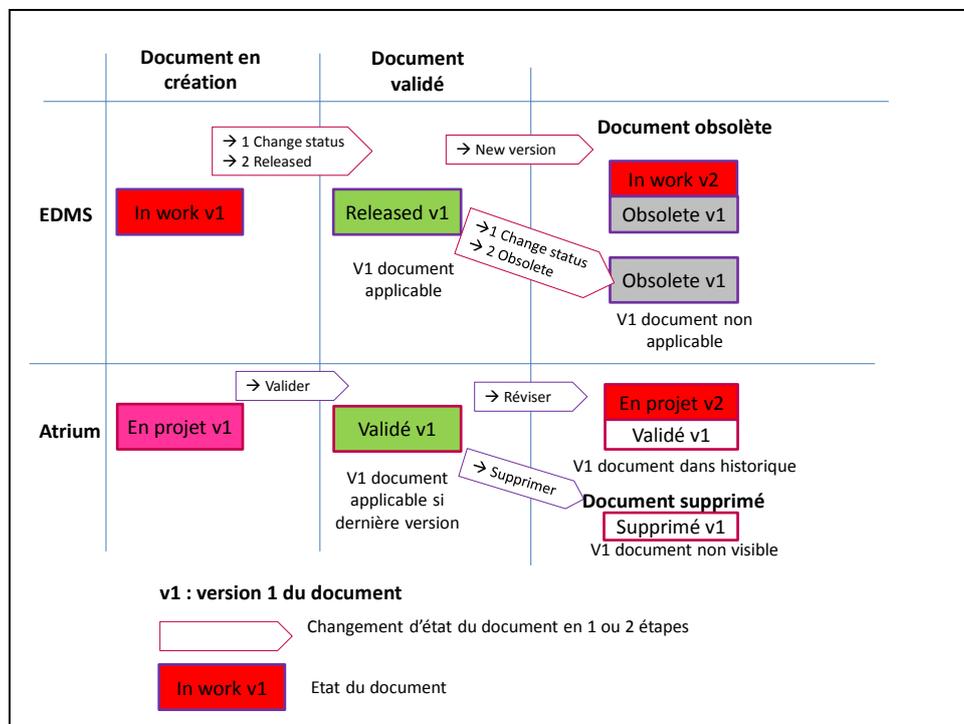


Figure 25 : Comparaison du statut des documents dans EDMS et Atrium [3]

La notion d'obsolescence étant absente d'Atrium®, il faudra par la suite, améliorer le paramétrage de la base de façon à satisfaire cette exigence du suivi documentaire, essentielle pour la traçabilité dans un contexte expérimental. Néanmoins, étant donné qu'il est impossible de décaler dans le temps la migration, une action corrective a été déployée de façon à ne pas perdre cette information de non applicabilité de certains documents lors de la migration. La figure 26 représente la modification de l'état des documents via le processus de migration avec l'action corrective citée précédemment.



Migration			
	EDMS	Atrium	
	In work v1	En projet v1	
	Released v1	Validé v1	
Obsolescence par changement de version	In work v2 Obsolete v1	En projet v2 Validé v1	V1 document non applicable car une version supérieure existe
Obsolescence par choix	Obsolete v1 V1 document non applicable	Validé v1 V1 redevient document validé	
Action corrective			
Obsolescence par choix	Obsolete v1 V1 document non applicable	Archives Validé v1 V1 redevient document validé	Document v1 dans une zone d'archives locale

Figure 26 : Modification de l'état des documents suite à la migration [3]

Le traitement de la zone d'archives sera géré par les administrateurs locaux de la GED, des laboratoires, postérieurement à la migration en concertation avec les utilisateurs responsables d'espaces et probablement après la définition du nouveau statut « d'obsolescence choisie » reproduisant la fonctionnalité présente dans EDMS®.

Adapter la gestion des droits

La figure 27 montre la différence de gestion des droits sous chaque système. Sous EDMS®, la mise à disposition et le partage des documents se fait par un système de gestion croisé des droits des utilisateurs et des documents en fonction de leur statut ou individuellement.

	EDMS	Statut des documents			Atrium	quelque soit le statut du document
		"in work"	"released"			
UTILISATEUR	REDACTEUR : accès en écriture	x	x		LECTEUR : accès en lecture	x
	LECTEUR 1 : accès en lecture	x	x		REDACTEUR : accès en écriture	x
	LECTEUR 2 : accès en lecture		x			
	NON AUTORISE : aucun accès				NON AUTORISE : aucun accès	

Figure 27 : Gestion des droits sous EDMS® et Atrium® [3]

Il paraissait important de reproduire sous Atrium® certains aspects de la gestion des droits d'EDMS®, en particulier la possibilité de ne donner accès en lecture qu'à un groupe de personnes, qu'à des documents au statut « validé » et non à tous les documents de la zone. Pour cela, il faut



publier les documents et utiliser les possibilités offertes par la zone de publication qui ont été décrites plus haut comme le montre la Figure 28 .

		Atrium	Statut des documents		
			"en projet"	"validé"	"publié"
UTILISATEUR	Zone de publication	LECTEUR de documents publiés			x
		PUBLIEUR : autorisé à publier			x
		NON AUTORISE : aucun accès			
	Zone de travail	LECTEUR : accès en lecture	x	x	
		REDACTEUR : accès en écriture	x	x	
		PUBLIEUR : autorisé à publier			
		NON AUTORISE : aucun accès			

Figure 28 : Utilisation de la zone de publication pour reproduire la gestion des droits comme sous EDMS® [3]

Cette modification ne sera pas générée par l’opération de migration elle-même. Elle sera gérée par les administrateurs locaux des laboratoires en concertation avec les utilisateurs responsables d’espaces.

Ce changement, contrairement aux autres modifications introduites avec la gestion documentaire, est imposé et vécu comme tel. Il convient donc de l’accompagner au mieux, de mettre en évidence les aspects positifs apportés par la nouvelle GED, de maîtriser les différences de fonctionnement afin d’apporter des solutions adéquates, permettant d’améliorer l’utilisation qui peut être faite d’une GED.

La philosophie d’Atrium apporte une démarche orientée recherche avec la notion de publication qui n’existe pas dans EDMS®, plus orienté vers la traçabilité des produits et la capitalisation des savoirs. Atrium® est un outil qui s’adapte bien au monde de la recherche expérimentale.

4.2 Production de la documentation

Pour mémoire, les quatre principales phases du processus de réalisation d’une cavité à l’IPNO sont la réception, le traitement chimique, la préparation en salle blanche, les tests de qualification.

4.2.1 Un document fondateur : le « cycle de vie »

L’identification des documents à réaliser a été conduite en explicitant le processus de réalisation de chaque phase et en le formalisant dans un document appelé « cycle de vie » (figure 29).

- Pour chaque phase, l’ensemble du déroulement des opérations ou « étapes » est défini.
- Puis pour chaque cycle, les documents nécessaires à la réalisation d’une étape, appelés documents d’entrée et ceux nécessaires à l’enregistrement de la configuration du produit, des données relevées en sortie d’étape appelés documents de sortie sont représentés graphiquement sur le processus « cycle de vie ».

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

- Puis, le processus est considéré dans sa globalité, les interactions avec les autres « cycles de vie » sont prises en compte pour repérer les documents déjà existants et les reporter dans le « cycle de vie » en construction.
- Les documents à créer sont identifiés selon les règles établies dans le processus d'identification documentaire.
- Les nouveaux documents sont rédigés et améliorés au cours de la réalisation de l'opération.

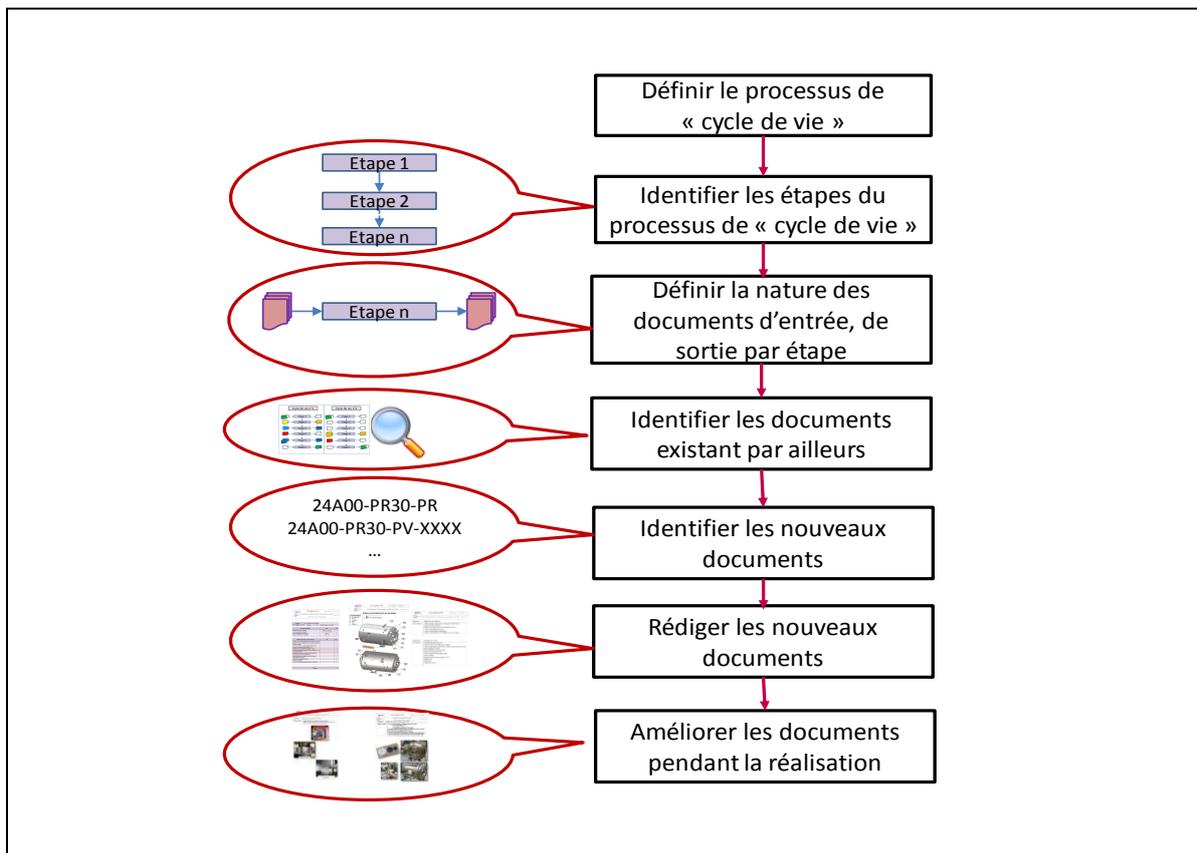


Figure 29 : Procédure de création du processus de réalisation d'une cavité ou « cycle de vie » et d'identification des documents d'entrée et de sortie associés [3]

Certaines étapes se retrouvant dans les différents « cycles de vie », il n'était pas concevable de définir indépendamment et individuellement les différents documents qui devaient nécessairement répondre aux exigences de chacun d'entre eux. La définition de ce processus d'identification et de création des documents à partir des « cycles de vie », la création des documents eux-mêmes ont donc fait l'objet d'un travail collaboratif se basant dans un premier temps sur les retours d'expériences des uns et des autres puis sur l'utilisation de ces documents lors de la réalisation des opérations dans une vision globale (figure 30).

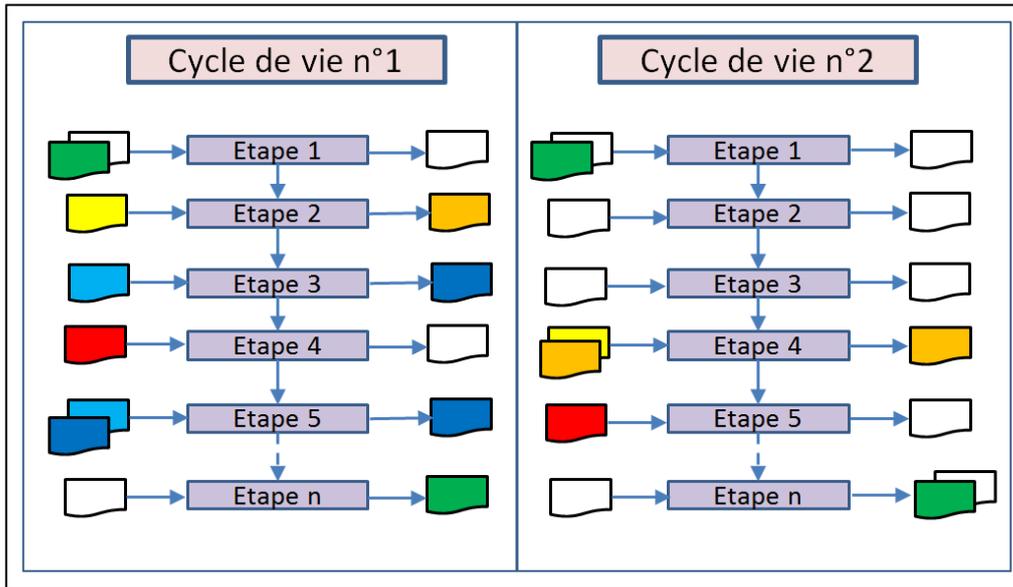


Figure 30 : Interdépendance des processus de "cycle de vie" [3]

Lors de la création des « cycles de vie », une attention particulière a été portée à la dernière étape faisant la liaison avec le processus de « cycle de vie » suivant.

Les « cycles de vie » détaillés des phases de réception, traitement chimique, préparation en salle blanche ont été finalisés, les deux premiers ont été éprouvés. Un exemple de « cycle de vie » est repris en figure 31.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

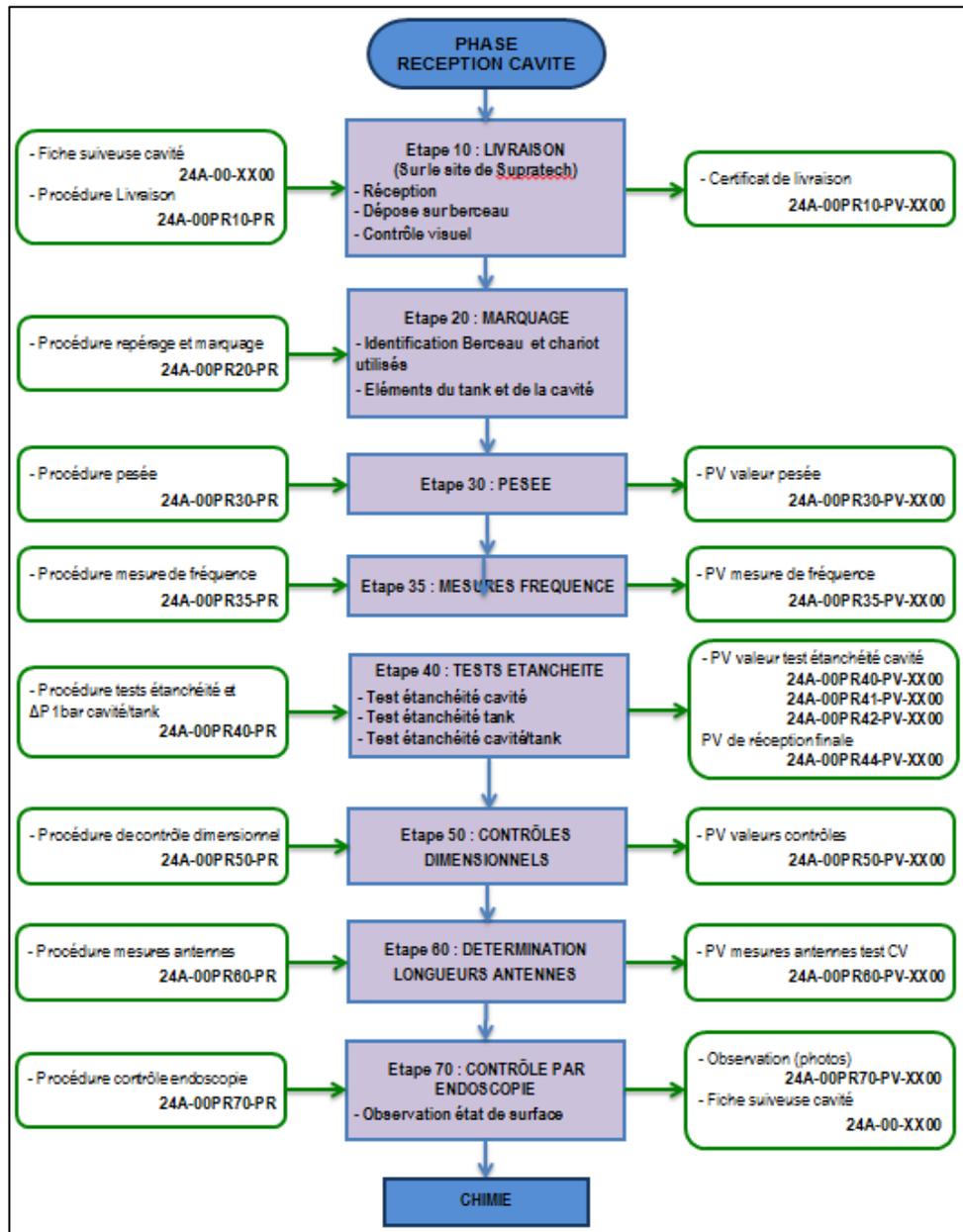


Figure 31 : "Cycle de vie " de la phase de réception des cavités [8]

Les principaux documents identifiés sont :

- les « cycles de vie »,
- les procédures de réalisation des opérations,
- les formulaires d'enregistrement des données issues de ces opérations,
- le tableau de suivi des non conformités et les fiches d'impact,
- le document de suivi de la réalisation du produit, étape par étape, « cycle de vie » par « cycle de vie » appelé « livret suiveur ».



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

4.2.2 Procédures et enregistrements : Comment faire ? Comment mémoriser les faits ?

Selon les bonnes pratiques métiers, et après concertation avec les différents acteurs, les points suivants doivent figurer sur

Les procédures de réalisation

- le nom de la ou des personnes compétentes, voire habilitées pour réaliser les opérations décrites dans la procédure,
- le lieu spécifique où se déroule l'opération,
- les documents de référence nécessaire à la réalisation de l'opération (plan ...),
- les éléments de l'environnement pouvant avoir une incidence sur la réalisation de l'opération,
- la liste du matériel nécessaire à la réalisation de l'opération,
- le descriptif des opérations réalisées.

Les formulaires d'enregistrement

- le nom de la personne ayant procédé aux enregistrements,
- les données relevées ou mesurées,
- le cas échéant, la conformité ou non de la valeur de la mesure effectuée ou du produit lui-même en fin d'enregistrement,
- une zone de commentaire pour intégrer toute information, tout événement susceptible d'avoir une incidence sur le fonctionnement du produit.

Les procédures et formulaires d'enregistrement de la phase de réception, les procédures de la phase de traitement chimique ont été détaillés, éprouvés et utilisés ; les formulaires d'enregistrement de la phase de traitement chimique et les procédures de la phase de préparation en salle blanche ont été détaillés mais non éprouvés.

Les documents sont rédigés à partir de modèles existant, en utilisant les retours d'expérience des projets antérieurs et des réalisations des premiers prototypes dans un processus d'amélioration continue (figure 32).

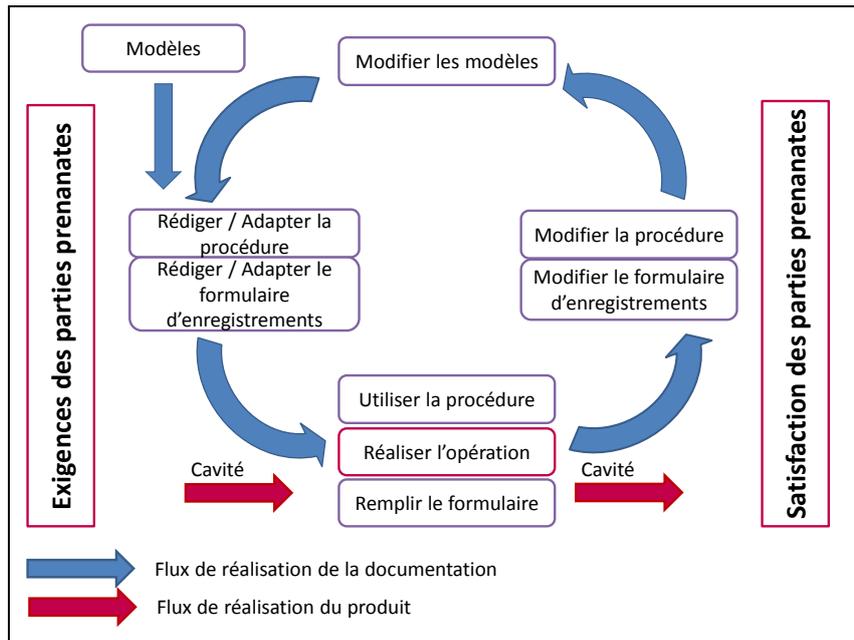


Figure 32 : Processus de création et d'amélioration des procédures et formulaires d'enregistrement [3]

La forme du document est la plus visuelle possible, avec de nombreux schémas ou représentations 3D, et surtout des photos prises en situation. Les indices de repérage sont optimisés par rapport au vocabulaire métier couramment utilisé. Ils sont porteurs de sens. Par exemple le repérage des piquages de l'« Axe faisceau » se fait avec la lettre A.

Comme précisé précédemment, les documents sont éprouvés et complétés lors de la réalisation des trois prototypes en suivant le principe de l'amélioration continue. L'ensemble de ces documents est enregistré et partagé sur la GED. Quelques exemples représentatifs sont repris sur la figure 33.

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

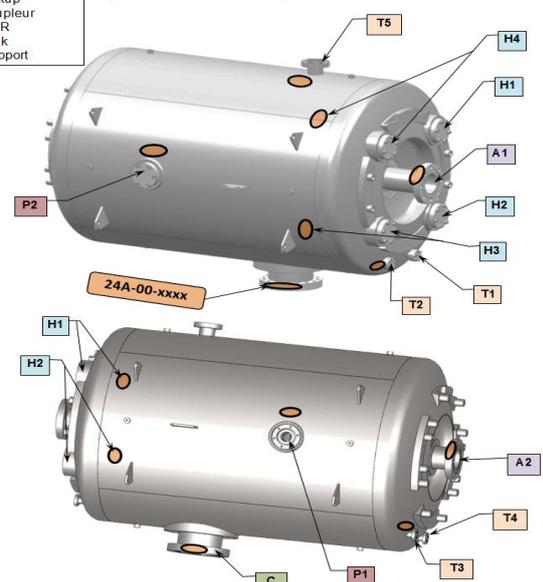
	24A-00PR20-PR	Réf. EDMS : I-039667 v.1
	Procédure marquage cavité et tank	

Page 3 / 4

Repère et emplacement de marquage

Correspondance
 A : axe faisceau
 P : pickup
 C : coupleur
 H : HPR
 T : Tank
 S : Support

○ Zone de marquage



- Représentation visuelle des zones de marquage par l'utilisation d'une perspective 3D
- Pertinence de la dénomination du repérage par rapport au vocabulaire métier

	24A-00PR20-PR	Réf. EDMS : I-039667 v.1
	Procédure marquage cavité et tank	

Page 4 / 4

Opération I. Identification du chariot et du berceau

Action à réaliser :

- Identifier la position et l'orientation des différents éléments,
- Marquer ces repères en prenant soin de respecter leur position sur la cavité,
- Graver à côté de H1 la profondeur des passages HPR.




Repérage sur bride



Marquage piquage pour visibilité en salle blanche

- Description visuelle du matériel.
- Compléments d'informations de marquage par photos prises en situation.

	24A-00PC30-PR	Réf. EDMS I-040723 v.1
	Procédure de traitement de surface d'une cavité ESS dans le sens horizontal	

Page 2 / 9

Personnel	Richard Martret / Estra Rabehary		
Lieu	Bâtiment	106	Zone de traitement : salle Chimie

Document de référence	Réf.	Qté.
Schémas de principe de montage	Photos 1, 2, 3 et 4	2
Livret suivre général de la cavité	24A-00P10-TR-XXXX	1
Plan de repérage des ports de la cavité	Plan A	1
Photos (1 ^{er} traitement, 2 ^{ème} traitement)	Photos 5 et 6	2

Éléments importants de l'environnement	Réf.	Qté.
S'assurer que la capacité restante dans au moins 1 des 2 cuves permette de recevoir les effluents qui seront générés pendant le traitement (2000L)		2
Avoir mis en marche la veille le groupe froid de l'acide		1
S'assurer de la température de l'acide ≤ 12 °C		
Concentration de l'acide PNF en Niobium < 30 g/L		
Système de transfert de l'acide (pompe, vannes, tubulures...) ; en état de fonctionnement		1
Système d'aspiration et tour de lavage, en fonctionnement		1
Ventilation de la pièce, en fonctionnement		1
Disponibilité de l'eau dé-ionisée (voir avec Salle blanche)		1
Disponibilité de l'eau de ville		1
Présence air comprimé dans la salle		1
Monorail et palan OK		1
S'assurer du bon fonctionnement des capteurs de température		4

Remarque

- Documents de référence
- Éléments importants de l'environnement

	24A-00PC30-PR	Réf. EDMS I-040723 v.1
	Procédure de traitement de surface d'une cavité ESS dans le sens horizontal	

Page 3 / 9

Liste du Matériel	Réf.	Qté.
Cavité équipée de son arceau	Photo 1	1
Poince + système de fixation	Photo 7	1
Brides CF 16 + bride CF 40 avec joints viton, dédiés + système goutte à goutte pour refroidissement par le tank He	Photo 8	
Bouchons de chimis équipés (accord PFA + joints FPM/Eluacou/bone en bon état)	Photo 9	1
Tubulures PFA de liaison dédiées		
Clés de serrage des presse-étoupes		2



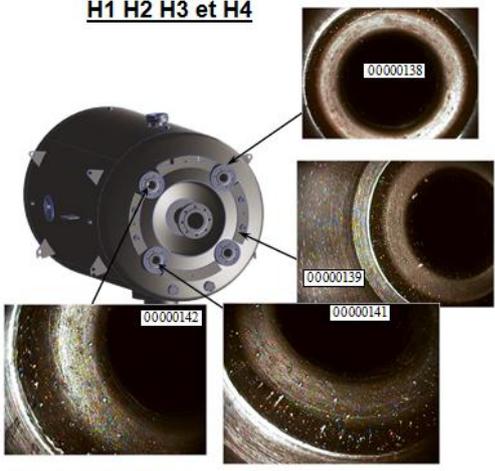
Photo 9

- Liste du matériel accompagnée de photos descriptives

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

	24A-00P050-PV-SD01 Réf. EDMS:	Page 6 / 6
Contrôle visuel par endoscopique		

Observations par H1 H2 H3 et H4



Observations : Sur tous les piquages H1, H2, H3 et H4 "boules" d'éclats de soudure à surveiller après chimie.

	24A-00PR40-PV-ZA01 Réf. EDMS: I-039990 v.1 Ref. EDMS modifié I-039969 v.1	Page 2 / 2					
PV de Contrôle d'Etanchéité de la cavité par Test de fuite jet d'hélium							
Nom du/des Contrôleur(s) : M. SZOTT M. PEPIN-DONAT		Lieu du contrôle : Bat. 106 Hall de montage Date : 26/11/2014					
Description de l'Ensemble à contrôler : Test de la cavité après montage des brides et des traversées							
Méthode : Contrôle sous vide avec jet local d'hélium							
Plan de référence : Schéma de principe montage + Plan zone à tester avec de l'hélium							
Description du Matériel							
Détecteur de Fuite	Marque : VARIAN	Type : MD30 Sensibilité : 1x10⁻⁶ mbar/s					
Banc de pompage	Marque : PFEIFFER	Type : TSU071 (rouge)					
Données							
Taux de fuite maxi admissible	1x10⁻⁶ mbar/s	Température : 20 °C					
CAVITE							
Heure début pompage : 17h		Observation : Problème détecteur valeur initiale: 2x10⁻⁶ mbar/s → Fonctionnement du détecteur seul pendant une nuit					
Temps pompage intermédiaire : 2 h							
Valeur vide intermédiaire : 1,48x10⁻⁶ mbar							
Temps pompage avant test : 17 h							
Valeur vide avec banc pompage : 4x10⁻⁶ mbar							
Taux de fuite du détecteur seul : mbar/s							
Valeur vide détecteur seul sur cavité : 3,3x10⁻⁶ mbar							
Taux de fuite sans test He sur cavité : 3,6x10⁻⁶ mbar/s							
Test par jet d'hélium							
Repère X	C	NC	Valeur (mbar/s)	Repère	C	NC	Valeur (mbar/s)
A1	Bride	X		A2	Bride	X	
A1	Soudure	X		A2	Soufflet	X	
H1	Bride	X		P1	Traversée	X	
H2	Bride	X		P1	soudure	X	
H3	Bride	X		P2	Traversée	X	
H4	Bride	X		P2	soudure	X	
C	Bride	X					
Conclusion (à entourer) : CONFORME / NON CONFORME							
Remarque et diagnostic :							
Recommandation :							
Signature :				Date :			

Souplesse du format des enregistrements permettant l'ajout de données

Evaluation de la conformité des mesures et du produit dans l'opération considérée

Figure 33: Exemples de procédures et d'enregistrements

4.2.3 Du document « non-conformité » aux documents « fiches d'impact »

Une réflexion collective a permis de définir les deux notions essentielles de la non-conformité et de l'impact.

- La **non-conformité** : Une mesure, un produit est dit non conforme lorsqu'il ne répond pas aux exigences attendues. Une action est préconisée pour que cette non-conformité n'apparaisse pas sur les produits suivants. Cette notion est utilisée principalement pour les éléments fabriqués par des entreprises extérieures.

- L'**impact** : La non-conformité révélée peut entraîner un fonctionnement dégradé de la cavité. Il convient dans ce cas de spécifier cette non-conformité sur une fiche et de déterminer son influence sur l'atteinte des résultats. Une action corrective est mise en place pour traiter cette non-conformité génératrice d'impact, sur le fonctionnement normale de la cavité. Le produit est ensuite contrôlé. Toutes ces étapes sont tracées sur un document appelé « fiche d'impact », clos après traitement complet de la malfaçon.

Le processus de gestion des non-conformités et des impacts est représenté par le logigramme de la figure 34

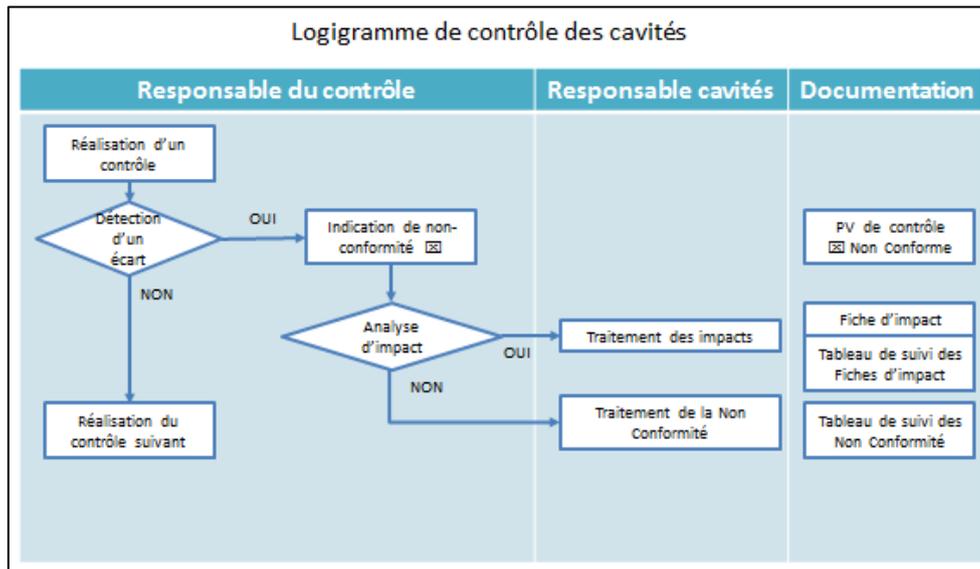


Figure 34 : Processus de gestion des non-conformités et impacts [3]

Les non-conformités et les « impacts » sont répertoriés sur des tableaux spécifiques qui permettent de suivre leur évolution respective (figure 35 et figure 36).

Doc de référence	Rep	Soulevé par	NON CONFORMITE RELEVÉE	Date	ETAT				Responsable d'Analyse	Actions	Impacts
					Identification	Analyse	Solutions	Plan d'action			
					3	1	1	1			
24A-00P010-PV-SD01		G Olry	Cavité livrée au magasin au lieu du bâtiment 106		I	A	S		G Olry	1- Retour de NC à SDMS, 2- Informer le magasin lorsqu'une livraison est en cours et ne doit pas être réceptionnée chez eux.	
24A-00P050-PV-SD01	3	T. Pepin-Donat	Diamètre tube coupleur 101,14 (ref 100±0,1)	20/10/2014	I						
24A-00P050-PV-SD01	D	T. Pepin-Donat	Distance Bride/Coupleur 600,3 (ref 606±0,1)	20/10/2014	I						
SD01			Longueur d'antenne trop importante 18 et 35 cm							1- Transporter la cavité à la verticale 2- Diminuer le diamètre de l'antenne	
24A-00P130-PV-SD01			La cavité n'entre pas dans le bac à Ultra-sons							1- Passer la cavité SD01 dans le bac à ultra-sons du CEA - fait le 31/11/2014 2- Commander une cuve aux dimensions adaptées	24A-00PC15-11-SD01

Figure 35 : Tableau de suivi des non-conformités [3]

Doc de référence	Domaine Impacté	Traité par	DESCRIPTION DE L'IMPACT	Date	ETAT				Conclusions
					Préparation	Déroulement	Contrôle	Achèvement	
					0	1	0	1	
24A-00PC15-11-SD01	Chimie		Mesure d'épaisseur par ultrason		P	D	C	A	1- Commande d'un nouveau bac à ultrason de dimension suffisante 2- Mesure d'épaisseur par ultrason à faire au CEA
24A-00PC40-11-SD01									
24A-00PSxx-11-SD01									

Figure 36 : Tableau de suivi "d'impact" [3]

Identification de la fiche d'impact

Un travail préalable a permis de définir les critères relatifs à l'identification des fiches d'impacts : quel produit, quand le problème a-t-il été détecté, combien de fiche par produit.

L'identification documentaire de la fiche d'impact (24A-00PXXX-IX-XXXX) (Figure 37) répond aux exigences de gestion de configuration du produit (24A-00PXXX-IX-XXXX) concerné, de la période de détection de l'anomalie dans le cycle de fabrication de la cavité (24A-00PXXX-IX-XXXX). Les fiches



d'impact sont répertoriées de 1 à 9 par produit (24A-00PXXX-IX-XXXX). Elles sont enregistrées par produit sur le système de GED.

		24A-00PXXX-IX-XXXX	Réf. EDMS
			Réf. EDMS modèle
Document modèle Fiche d'Impact			Page 2 / 2
Etape 1 : A remplir par tout agent ayant validé l'impact de la non conformité (matériel, sécurité, ...)			
ETAPE 1 : PREPARATION CONSTAT - PROPOSITION	Témoïn :	Date du constat :	Défecté lors de : <input type="checkbox"/> Réception <input type="checkbox"/> Chimie <input type="checkbox"/> Salle blanche <input type="checkbox"/> Test en CV <input type="checkbox"/> Montage
	Ensemble ou pièce concernée :		
	Description du problème :		
	Impact sur : Description de l'impact		
	Actions proposées :		
Decision de traitement suite à l'examen approfondi de l'impact: <input type="checkbox"/> Réparation <input type="checkbox"/> Rebut <input type="checkbox"/> Acceptation en l'état par dérogation			
Personne « resp du traitement »		Personne « resp contrôle »	Decisions prises le: Par : Signature :
ETAPE 2 : TRAITEMENT DEVELOPPEMENT	Details des actions de traitement :		
	Documents de références détaillant les raisons du choix du traitement :		
ETAPE 3 : VERIFICATION CONTROLE	Details des actions de contrôle :		
	Le traitement proposé est-il efficace ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Pourquoi ?		Verification realisee le :
	Propositions d'améliorations (Cycle de vie, Procédures, PV ...)		Par : Signature :
ETAPE 4 ACHEVEMENT	Responsable Projet :		Responsable Qualité :
	Date : Signature	Date : Signature :	

Figure 37 : Fiche de traitement d'« impact » [3]

Le processus a été mis en place tardivement par rapport à la réalisation des trois prototypes. Dans la pratique, les tableaux de gestion des non-conformités et des impacts ont été renseignés en réunion de suivi par le responsable qualité alors que les fiches d'impact n'ont pas été renseignées. Le processus devra être amélioré après l'examen des causes de son utilisation limitée.

4.2.4 Un document de suivi de l'avancement : le « livret suiveur »

Le livret suiveur est un document synthétique permettant de suivre l'état d'avancement d'une cavité dans le processus de réalisation, phase par phase, étape par étape. Le livret suiveur permet d'enregistrer et de suivre l'état de la configuration du produit dans le processus global de réalisation (figure 38).

Il récapitule les noms des responsables de phase, des opérateurs ayant réalisés les différentes étapes. Il permet la **validation de fin d'étape** dans la réalisation du produit. Cette validation est faite par l'apposition systématique de la signature du responsable de phase et de celle du responsable du produit lorsque le contrôle doit indiquer l'état de fonctionnement du produit. A cette fin deux notions ont été définies :

- le **point de contrôle** : L'opération a été réalisée, les données ont été enregistrées, le responsable de l'étape est en mesure d'apprécier, avec ces informations, de la poursuite de



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

la réalisation du processus de fabrication de la cavité. Les opérations réalisées dans l'étape ne comportent pas de risque sur le bon fonctionnement de la cavité.

- le **point d'arrêt** : L'opération a été réalisée, les données ont été enregistrées, le responsable de l'étape n'est pas en mesure d'apprécier seul, avec ces informations, de la poursuite de la réalisation du processus de fabrication de la cavité et de la conduite à tenir en cas de données différentes de celles attendues. Les opérations réalisées dans l'étape ont une influence sur le bon fonctionnement de la cavité, un risque ou une possibilité d'amélioration.

Le livret suiveur (figure 38) a été formalisé tardivement par rapport à la réalisation des trois prototypes et n'a pas pu être éprouvé.

IPN INSTITUT POUR LE PRODUIT NON OXYDANT OSAT		EUROPEAN SPALLATION SOURCE		24A-00-ZA01		Réf. EDMS				
Livret suiveur général						Réf. EDMS modèle				
						Page 1 / 4				
Responsable d'unité (WU) : Guillaume OLRY				Email : olry@ipno.in2p3.fr						
				Tel : 01 69 15 36 01 / 06 86 31 48 62						
N°	Etapas	Réf. EDMS de la procédure	Opérateur		Réf. EDMS du PV	Observation	Fiche d'impact		Signature	
			Nom	Date			Réf. EDMS 888888888	Réf. ESS	Point de contrôle Validation par le responsable de phase	Point d'arrêt Validation par le responsable d'unité
PHASE RECEPTION										
Responsable : Thierry Pépin-Donat										
10	Livraison									
20	Marquage									
30	Pesée									
40	Etanchéité									
50	Contrôles dimensionnels									
60	Détermination longueurs antennes (test CV)									
70	Contrôles par endoscopie									
VALIDATION PHASE										

Figure 38 : "Livret suiveur" d'une cavité

4.2.5 Evaluation des actions sur la gestion documentaire et la documentation

Globalement la documentation relative aux deux premières phases est opérationnelle et éprouvée, celle de la troisième commencée. Le tableau de gestion des non-conformités et le livret suiveur ont quant à eux été définis mais non éprouvés.

Le pourcentage d'avancement de réalisation et d'utilisation des différents documents permet d'évaluer la maturité de chacun des documents. Un tableau de bord reprenant l'ensemble de ces pourcentage est représenté figure 39



PROTOTYPE ESS
TABLEAU DE BORD DE REALISATION DES DOCUMENTS QUALITE

	CAVITES	RECEPTION	CHIMIE	PREPARATION	TEST
	CYCLE DE VIE	✓ 95%	✓ 95%	✓ 95%	✗ 30%
	PROCEDURES	✓ 90%	✓ 95%	⚠ 50%	✗ 0%
	FORMULAIRES	✓ 90%	✓ 90%	⚠ 50%	✗ 0%
3 cavités	ENREGISTREMENTS	✓ 90%	NC	⚠ 50%	✗ 0%

Figure 39 : Tableau de bord de réalisation de la documentation ESS par phase [3]

On constate ici que la pression exercée par le désir d'expérimentation et de production de résultat scientifique prend le pas sur la réalisation d'une documentation formalisée, particulièrement dans le cas de traitement de prototypes. Cette constatation est d'autant plus vraie lorsque la documentation n'est pas suffisamment réalisée en amont ou dans le cas d'absence de responsable d'une infrastructure. C'est également le cas pour le « livret suiveur » et le processus de gestion des non-conformités et impacts. Néanmoins, les bonnes pratiques métiers étant respectées, les informations enregistrées pourront être retranscrites dans les documents créés ultérieurement.

4.3 Système de Gestion des activités de la plateforme

Les activités réalisées auprès de la plateforme Supratech font interagir un certain nombre d'acteurs issus d'entités hiérarchiques différentes. Cet état de fait est explicité sur la figure 40 au regard de la réalisation d'une cavité au sein de la plateforme technologique, activité majeure du site.

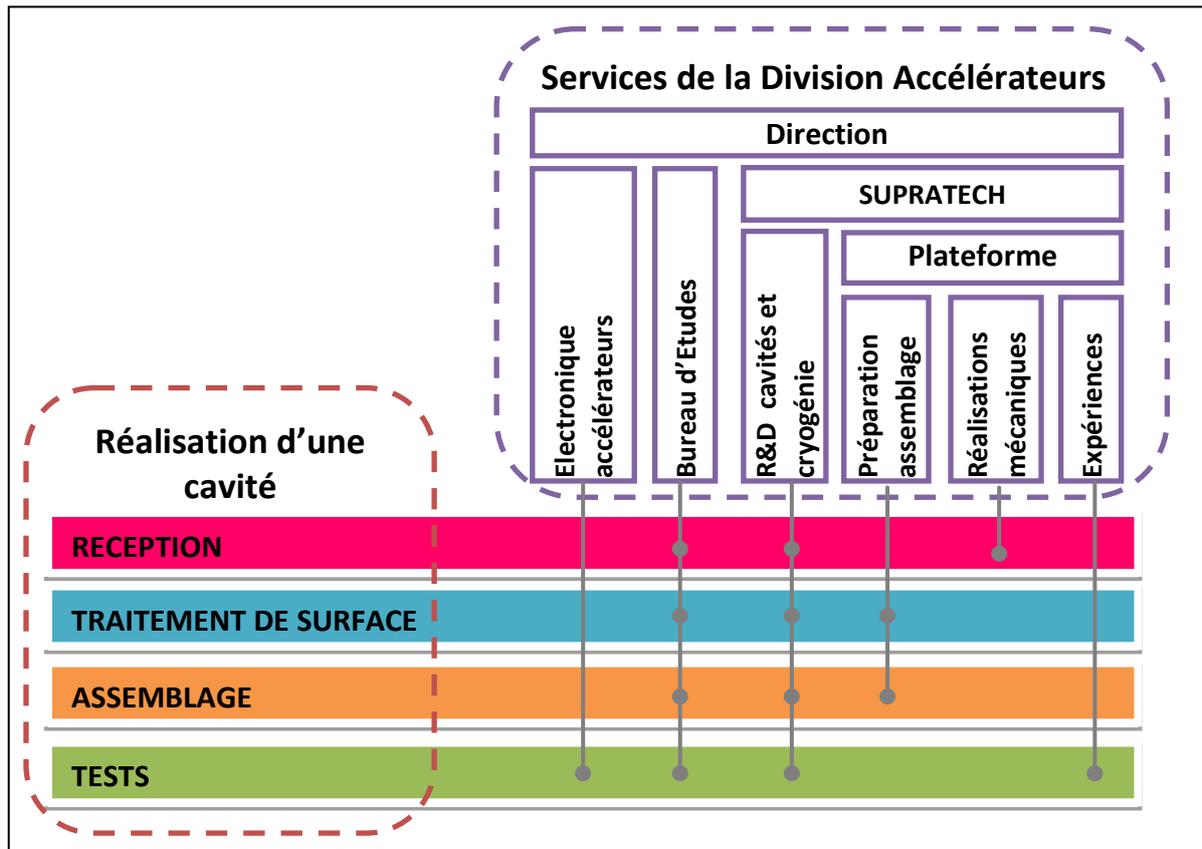


Figure 40 : Services impliqués dans les activités de la plateforme [3]

4.3.1 Lancement du processus de gestion des infrastructures

En septembre 2014, il était devenu impératif de créer un outil de gestion des infrastructures et des projets autour de la plateforme Supratech, de l'accompagner d'un processus adéquate répondant à au mieux, aux exigences de l'ensemble des acteurs d'une part, et à la transversalité requise pour le bon fonctionnement des activités.

Un nouveau processus de Gestion des Infrastructures et Projets Supratech (GIPS) a été déployé. Ses caractéristiques ont été présentées lors de la réunion de lancement par le responsable de la plateforme [9] :

Document de présentation du GIPS

Rôle du GIPS

- Centraliser et planifier les demandes d'utilisations des installations et des compétences de la plateforme Supratech.
- Tenir informé tous les acteurs sur la disponibilité des installations (expériences programmées, panne, maintenance, personnel absent...) et mettre à disposition autant que faire se peut les infrastructures de la plateforme Supratech.
- Conseiller sur les préparations, les expériences...
- Procéder à la facturation des prestations

Les "gérants" du GIPS

- La secrétaire gestionnaire de la plateforme pour la logistique (mise en forme et évolution des tableaux, facturation, rappel...)
- Le responsable de la plateforme pour assurer l'interface " responsables projets/infrastructures " le suivi des plannings, l'organisation des réunions....



Fonctionnement du GIPS

Deux supports de suivi seront consultables par tous sur le serveur de la « Division Accélérateurs » à la rubrique GIPS :

1) Un tableau de suivi des installations qui reprend les maintenances et activités programmées, les différentes indisponibilités pour cause technique ou absence du personnel, ainsi que l'historique de l'activité.

Chaque responsable d'installation devra tenir à jour la partie du tableau qui lui incombe. Cette mise à jour consiste à noter l'utilisation de l'infrastructure pour un projet en nombre de jour (après coup) et noter les périodes d'indisponibilité programmées à l'avance ainsi que les pannes qui arrivent au fur et à mesure.

2) Un tableau récapitulant les « manips » planifiées et effectuées.

Une fois par trimestre, nous demanderons aux responsables de projet de communiquer précisément leurs demandes en termes d'utilisation des infrastructures puis rapidement une réunion avec tous les intéressés suivra pour établir ensemble un planning en fonction des priorités et des possibilités.

Ce processus ainsi défini entre clairement dans une démarche participative et répond aux besoins d'anticipation des activités à réaliser, de communication entre les différents acteurs, de disponibilité de l'information. Il devrait répondre aux exigences des différents acteurs par rapport à la planification des différentes opérations (préparations, montages, tests...)

Il s'inscrit également dans une logique d'amélioration continue. Suite à la réunion de lancement, des remarques ont été émises concernant des améliorations souhaitées par les responsables d'installation pour sécuriser l'outil dans son utilisation collective.

4.3.2 Identification du processus de gestion des infrastructures

A partir de différentes observations, le processus de gestion des infrastructures a été explicité. Sa mission principale est de planifier les activités des différentes structures de la plateforme technologique afin d'optimiser au mieux l'utilisation de la plateforme et de maximiser le temps d'utilisation et le nombre de projet traité sur une période d'un trimestre minimum. Les parties prenantes sont les responsables de projets qui souhaitent utiliser la plateforme, le personnel de la plateforme, responsable de site ou non, les membres d'autres services venant en support ponctuel pour la réalisation des projets au niveau de la plateforme, les entreprises extérieures de maintenance. Le processus (figure 41) est piloté par le responsable de la plateforme.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

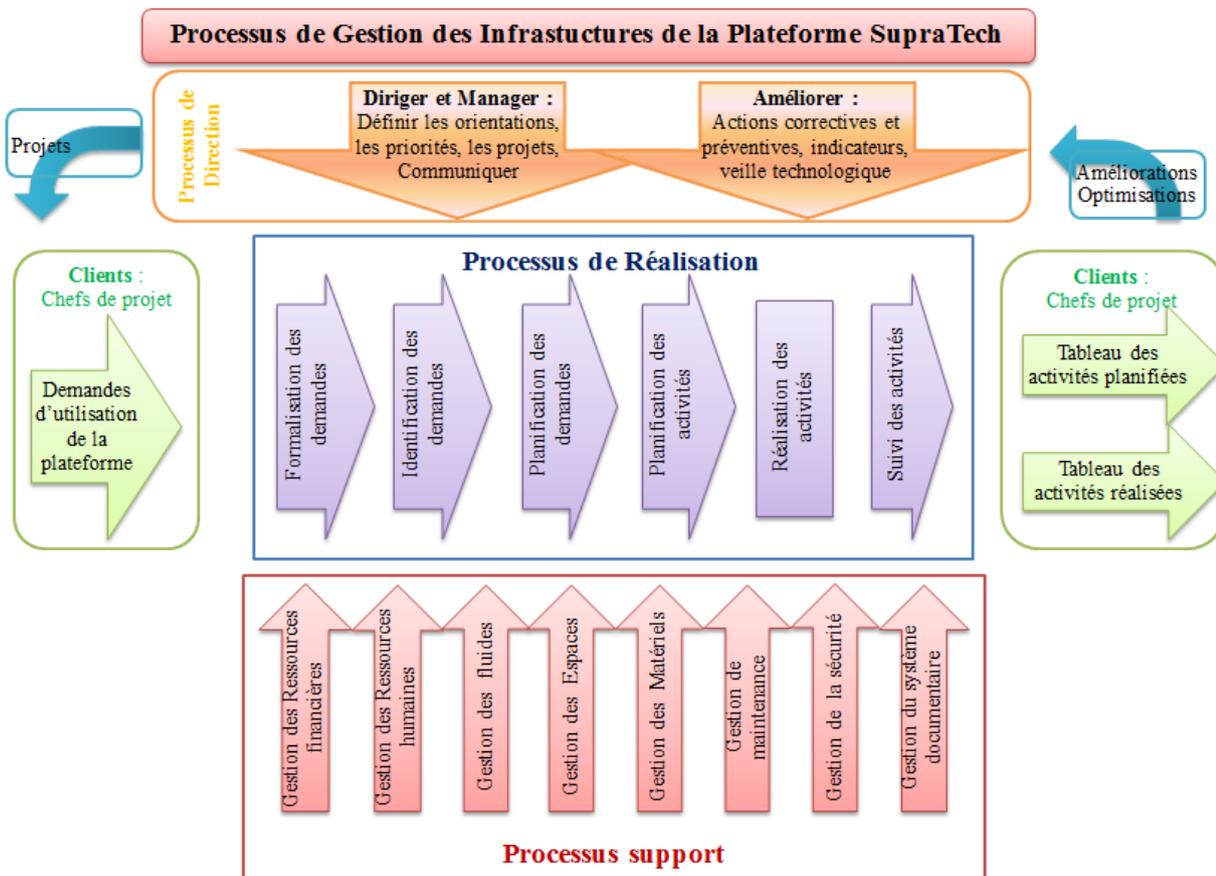


Figure 41 : Processus de gestion des infrastructures de la plateforme [3]

La formalisation des demandes passe par la création d'un formulaire de demande rempli par chaque « client ». Ces demandes au format numérique sont stockées dans l'espace où le planning sera rendu disponible.

Elles sont ensuite exposées par chaque chef de projet lors d'une réunion en présence des responsables de site, du responsable de division. Ce dernier valide l'adéquation des demandes avec la politique scientifique de la « Division Accélérateurs » et ses priorités. Ceci permet d'établir les priorités entre les différentes demandes et de les positionner dans le temps par rapport à leur propre échéance.

Après identification des besoins associés ou ressources nécessaires en termes d'espace, de fluide et personnel, leur réalisation est ensuite planifiée. Elle s'appuie sur la disponibilité des espaces, des personnes, des fluides et des structures en prenant en compte d'éventuelles actions d'amélioration et de maintenance des structures.

Le **premier livrable** fourni est le planning de Gestion des Infrastructures de la Plateforme Supratech (figure 42). Sa mise à disposition via le système de gestion documentaire sur le serveur réseau est communiquée aux différents acteurs du processus.

En fonction de l'évolution de ces activités de recherche, qui sont ou non réalisées dans le temps estimé, le planning est complété par la phase de suivi ou ajusté régulièrement en fonction des glissements éventuels.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

La version « suivi » du planning contenant les consommations de fluide constitue le **second livrable** (figure 43) qui permettra ultérieurement la facturation de l'utilisation des moyens aux différents clients et une amélioration des prévisions futures.

Les tableaux de planification sont réalisés sous Excel®, outil simple et connu de tous. La représentation graphique est privilégiée. Chaque projet ou zone est représenté par une couleur. La représentation visuelle utilisée permet d'accéder rapidement à la planification. Afin que ces tableaux soient gérés facilement et au mieux par les responsables d'installation, il est porté une attention particulière au confort d'utilisation par l'emploi des fonctions avancées d'Excel®.

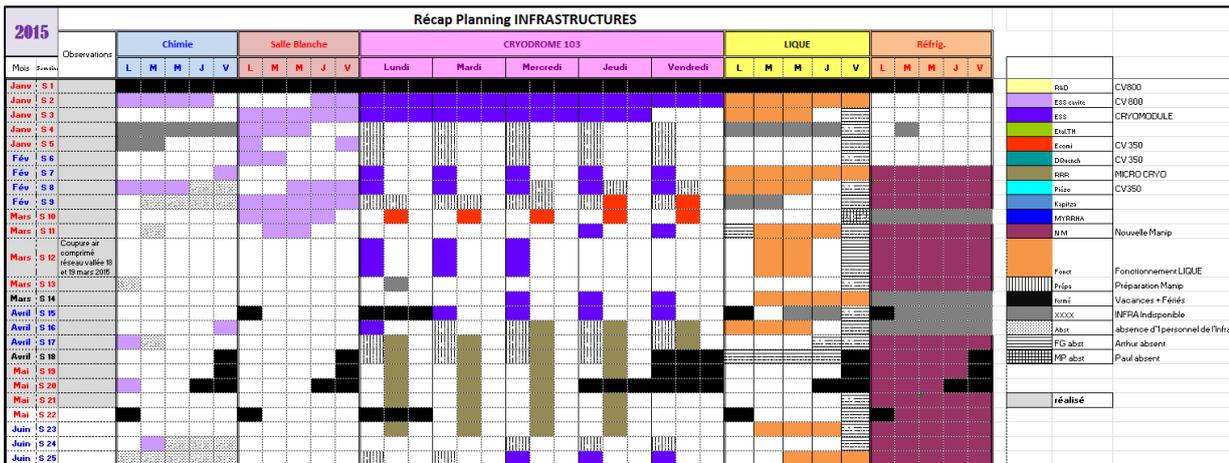


Figure 42 : 1er livrable : Planning récapitulant l'utilisation prévisionnelle et réalisée des installations

2015		Planning prévisionnel et réalisé des manips 103 et 106 + conso hélium										Totalsem	
	Remarques	Test RetD CV800	ESS CV 800	CM ESS	Etalonnage Thermométrie	ECOMI	D-QUENCH CV 350	Multipacting	RRR	Piézo CV 350	KAPITZA	MYRTE	
Janvier	S 1												0
Janvier	S 2		2000										2000
Janvier	S 3		1104		792								1896
Janvier	S 4	Liquifacteur indisponible											0
Janvier	S 5												0
Février	S 6												0
Février	S 7		1500										1500
Février	S 8		1188										1188
Février	S 9					350							350
Mars	S 10					354							354
Mars	S 11		700										700
Mars	S 12		644										644
Mars	S 13												0
Mars/Avril	S 14		1000										1000
Avril	S 15		1000										1000
Avril	S 16												0
Avril	S 17				750								750
Avril/Mai	S 18												0
Mai	S 19		1500										1500
Mai	S 20												0
Mai	S 21												0
Mai	S 22												0
Juin	S 23		1000										1000
Juin	S 24												0
Juin	S 25												0
Juin	S 26		1000										1000
Juin/Jul	S 27												0
Juillet	S 28				750								750
Juillet	S 29					500							500
Juillet	S 30		1000			500							1500
Juillet/Août	S 31												0
Août	S 32												0
Août	S 33												0
Août	S 34												0

Figure 43 : 2nd livrable : Planning récapitulant les "manips"

Le **logigramme** du processus reprend graphiquement le descriptif du processus (figure 44).

Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

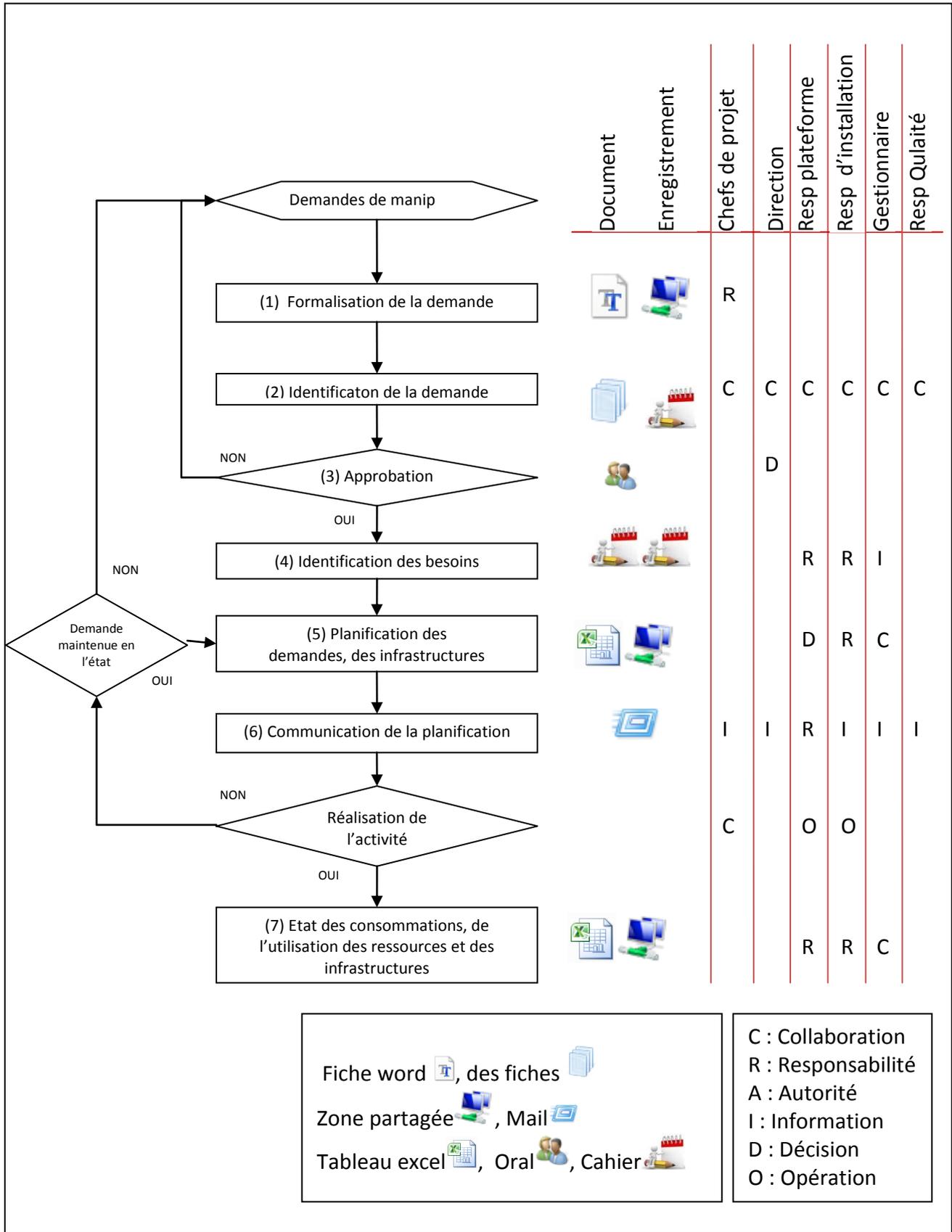


Figure 44 : Logigramme du processus de gestion de la plateforme [3]



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Trois indicateurs sont définis afin de suivre l'évolution du processus.

Indicateur n°1 : La planification de l'utilisation de la plateforme sur une période donnée ne peut pas être réalisée si les demandes ne sont pas connues au moment opportun c'est-à-dire en début de trimestre. Le rapport nombre de demandes formalisées / nombre de demandes réelles est donc le premier indicateur essentiel, de pilotage, dont l'objectif est de ne plus avoir de demande découverte tardivement en réunion

Indicateur n°2 : Nombre de demandes satisfaites / nombre de demandes acceptées. Cet indicateur de performance permet de surveiller si les demandes d'utilisation des clients de la plateforme ont été satisfaites et de juger de l'efficacité du processus.

Une seule demande a été rejetée car elle ne rentrait pas dans les objectifs définis pour le trimestre.

Indicateur n°3 : Quantité d'Hélium liquide demandée / quantité d'Hélium liquide consommée. L'évaluation se basera sur trois plages de valeur.

Bonne évaluation : ratio inférieur à 30%,

Evaluation moyenne : ratio compris entre 30 et 60%,

Mauvaise évaluation : ratio supérieur à 60%.

Cet indicateur opérationnel permet de surveiller la pertinence des demandes de fluide et de juger de l'efficacité du processus

Ce processus est mis opérationnel depuis début janvier 2015.

Analyse des cycles d'amélioration continue du processus de GIPS

Avant le lancement de la démarche de gestion des infrastructures, dès sa présentation aux différents acteurs, une démarche d'amélioration a été initiée spontanément. Elle touche à la fois l'outil lui-même et le processus global de gestion. Ces améliorations sont reprises figure 45

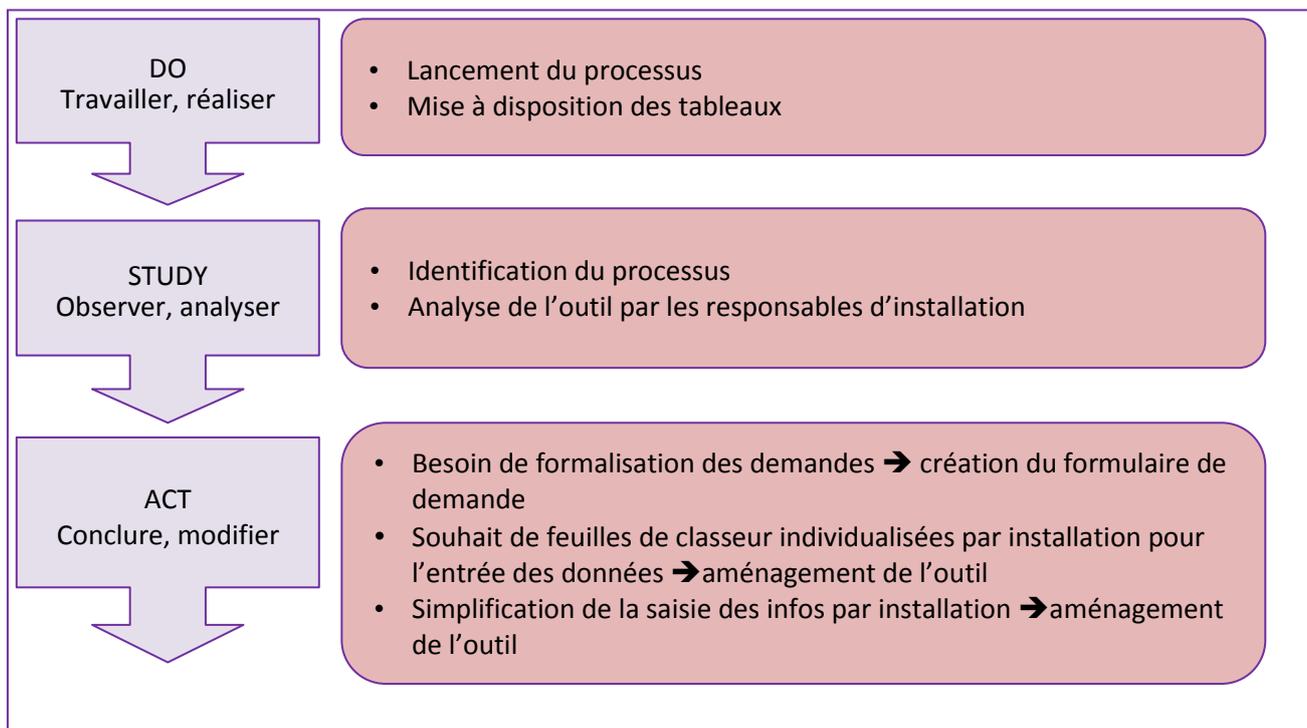


Figure 45 : Le 1er cycle qualité du processus du GIPS



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Une fois mis en application ce processus suit une logique d'amélioration de type PDCA dont les principales étapes sont représentées figure 46.

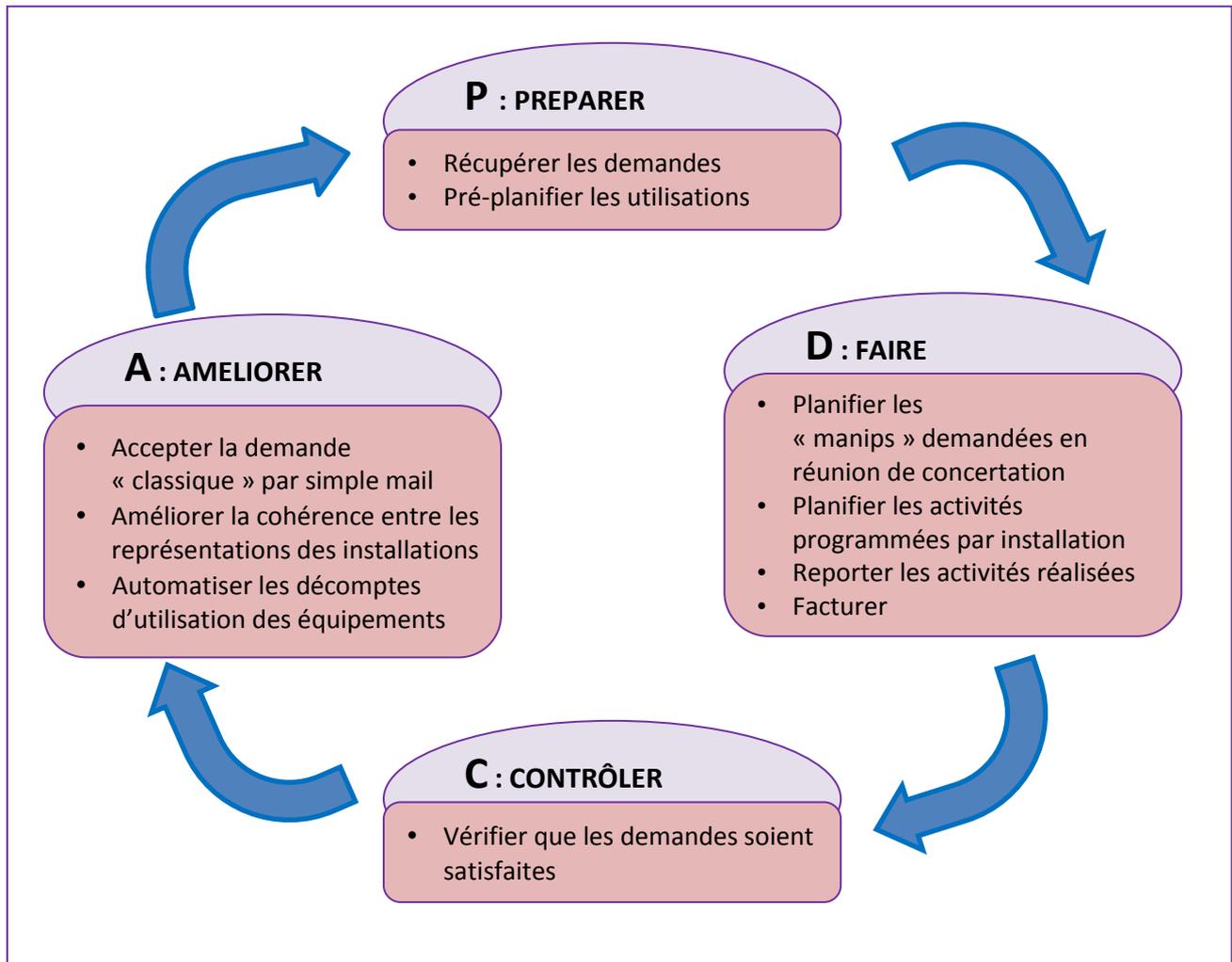


Figure 46 : Le processus explicité sous forme de PDCA

4.3.3 Evaluation du processus

Le bilan du processus s'effectue à travers l'étude des trois indicateurs définis précédemment.

Indicateur n°1 : nombre de demandes formalisées / nombre de demandes réelles

- Lors de la première boucle du processus (T1), toutes les demandes n'avaient pas été formalisées avant la réunion de coordination. Lorsque les premières demandes sont arrivées, elles ont été traitées dans le planning prévisionnel, disponible à consultation. Certains porteurs de petits projets se sont autocensurés et n'ont pas formalisé leur demande en « voyant le planning se remplir ». Ces demandes et inquiétudes ont été exprimées en réunion de coordination. Leur programmation a néanmoins été incrémentée dans le « planning des manip » et les demandes ont été formalisées à posteriori par leur responsable de projet.
- Une demande a été rejetée par la direction de la DA car elle n'entrait pas dans les priorités du trimestre, la charge de travail n'étant pas suffisamment évaluable et évaluée.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

- La « manip » principale n'a pas été formalisée au premier trimestre, elle l'a été au second. Après deux itérations du processus (T1 et T2), il est très intéressant de constater que cette partie du processus est complètement opérationnelle puisque toutes les demandes d'utilisation de la plateforme ont été formalisées, que ce soit via le formulaire détaillé ou par simple mail et sont disponibles pour consultation par l'ensemble des acteurs intéressés.

Indicateur n°2 : nombre de demandes satisfaites / nombre de demandes acceptées

On constate une évolution positive de cet indicateur, 86% des demandes étant satisfaites après deux itérations du processus. Au premier trimestre, trois demandes émises n'ont pas pu être satisfaites du fait de l'avancement du projet lui-même et non par manque de disponibilité au niveau de la plateforme. Elles ont été reportées au second trimestre et satisfaites. Au second trimestre les demandes à plus de trois mois ont été clairement identifiées comme telles par les responsables de projet, elles ont été signalées et seront à formaliser pour les trimestres suivants.

Indicateur 3 : pertinence des demandes d'Hélium liquide

On constate que l'évaluation faite au T2 est plus juste que celle faite au T1 (figure 47). Auparavant, la tendance était plutôt de demander une importante quantité de fluide en début de période de manipulation, voire la quantité maximum de fluide délivrable pour les expériences complexes et voraces en termes de ressources pour s'affranchir d'un manque éventuel. Cette conception se faisait au détriment des autres projets et ne permettait pas un fonctionnement satisfaisant pour l'installation délivrant les fluides car entraînant un fonctionnement par à coup. Le processus mis en place a permis d'appréhender ce phénomène et de partager la nécessité d'ajuster la demande de fluide sur toute la période d'expérimentation d'une part et de la rapporter aux besoins supposés. Cette peur de possible manque s'est estompée, certaines demandes ayant même tendance à être légèrement sous estimées.

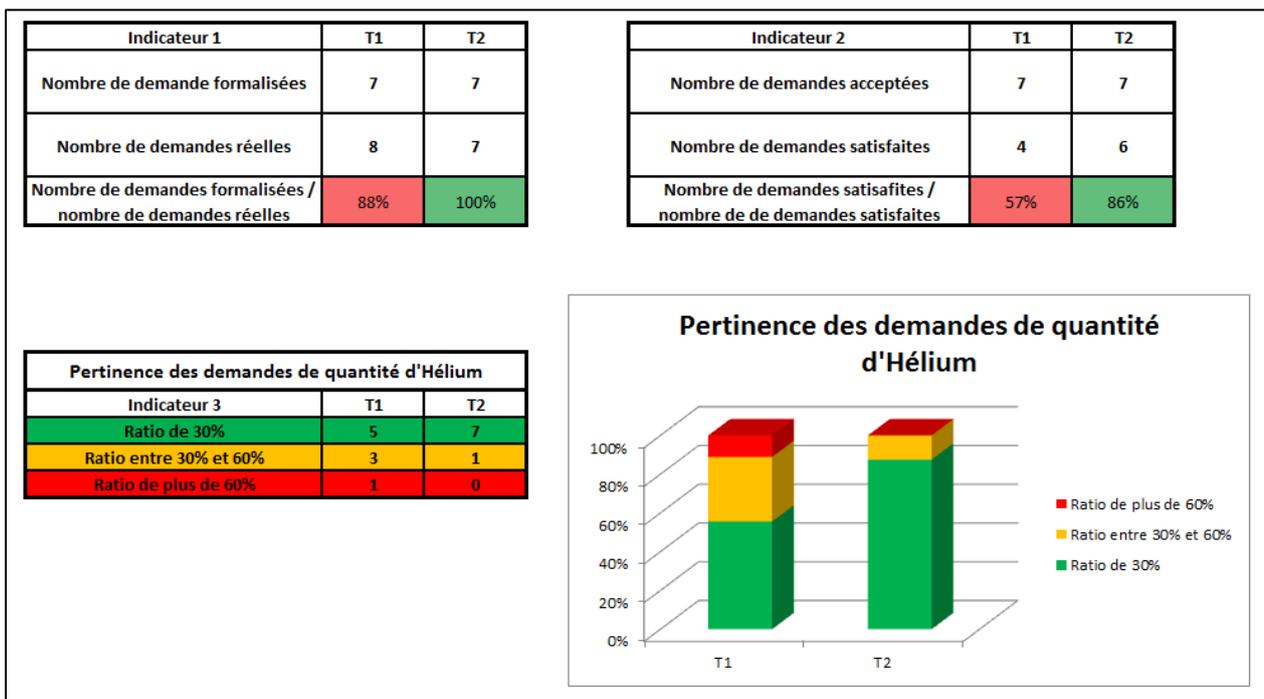


Figure 47 : Tableau de bord des indicateurs du processus GIPS [3]



Il est intéressant de constater que le processus déployé apporte très rapidement une nette amélioration à la gestion de la structure, dès la fin du second cycle, ce que n'aurait pas permis le seul déploiement de l'outil de planification.

5 RETOUR D'EXPERIENCE ET PERSPECTIVES

5.1 Retour d'expériences

5.1.1 Motivation des acteurs

Un des critères de succès de la démarche qualité mise en place repose sur la motivation des acteurs à se l'approprier et à la déployer.

Dans cet objectif, l'animateur qualité se pose comme un facilitateur, un accompagnateur au service de ceux qui connaissent les bonnes pratiques métiers et qui font le travail, responsabilisant ainsi l'ensemble des acteurs dans la participation à la démarche.

Le fait de partager la création du système documentaire, de s'approprier les documents produits ou à produire dès leur création, de choisir ensemble le vocabulaire adéquat de façon collective et participative s'accompagne d'un regain de motivation des acteurs ayant pris part à la création du système documentaire et a contrario, une moindre motivation des acteurs n'y ayant pas participé. Pour motiver à tous les niveaux, il est donc judicieux de ne pas se limiter à un système défini par les responsables et d'impliquer chacun selon ses compétences et ses expériences, en dépassant les relations et les a priori hiérarchiques habituels.

Un des objectifs est de rédiger et d'éprouver l'ensemble des documents afférant aux opérations réalisées dans le cadre de la fabrication des prototypes avec en ligne de mire la capitalisation pour la réalisation de la série. L'idée même d'écrire et de mettre en pratique son propre référentiel métier est un facteur de motivation supplémentaire.

La démarche participative initiée à partir des principes de l'amélioration continue permet à tout un chacun de faire progresser le système et renforce ainsi la cohésion du groupe avec la satisfaction de progresser ensemble, le partage d'une stratégie visant à atteindre les objectifs et la volonté de faire encore mieux afin de viser la performance expérimentale.

Le fait de procéder petit à petit et de pouvoir tester rapidement l'efficacité d'une partie du système est un facteur supplémentaire de motivation. Il permet de capitaliser rapidement les avancées sans attendre la définition complète du système.

5.1.2 Simplicité et pragmatisme

Un autre critère de succès de cette démarche repose sur la simplicité et le pragmatisme déployés. La définition même du système d'identification, simple et concis, répond à la fois aux exigences de dénomination des documents et des produits. Les termes utilisés sont du registre du vocabulaire métier utilisé quotidiennement et sont faciles à appréhender dès la première utilisation du système.

Les objectifs à atteindre sont raisonnables et connus :



- définition participative du nombre de documents utiles, progression document par document, puis déploiement progressif sans attendre que le système complet soit opérationnel pour la partie documentaire.
- mise en place du processus de gestion de la plateforme et amélioration au fil des cycles.

Afin de ne pas construire une « usine à gaz », on s'interroge en continu sur la valeur ajoutée apportée par l'action ou le document considéré et on ne sera donc pas tenté de créer de documents inutilisés.

Le principe de création des documents est conçu dans une logique d'amélioration, déculpabilisant ainsi le manque de maturité éventuelle de la rédaction elle-même. Il n'est pas besoin de réaliser un document parfait au premier jet, mais au contraire de l'améliorer petit à petit avec des supports graphiques en particulier, photos par exemple. Ce principe s'appuie sur la connaissance de l'existant en décrivant les pratiques métiers mises en œuvre. Si des changements doivent intervenir, les personnes en charge des opérations de réalisation seront amenées à proposer des solutions et les intégrer par amélioration successive.

Le principe de gestion de la plateforme est également conçu dans cette logique de simplicité d'utilisation. L'outil est quant à lui très visuel afin d'être le plus intuitif possible.

5.1.3 Compétences et organisation

Le processus de gestion des infrastructures semble maintenant intégré par l'ensemble des acteurs de la plateforme. L'organisation ainsi mise en place a permis une mise en évidence et une meilleure prise en compte des contraintes et exigences de chacun, une plus grande implication des responsables d'installation en rendant leur rôle plus visible.

L'outil de gestion lui-même est quant à lui un bon moyen d'information sur le fonctionnement relativement transparent des activités de la plateforme, accessible à tous les acteurs, direction de la DA, manipulateurs, responsables de projet, service de prévention du laboratoire ...

La vision globale qu'apporte cet outil permet non seulement d'observer le fonctionnement des installations de la plateforme et d'en conserver un historique, mais également de révéler les dysfonctionnements éventuels facilitant ainsi leur prise en charge plus en amont qu'au préalable.

La transparence est également présente dans la gestion documentaire, de la plateforme ou des projets, conçue et déployée collectivement. Les informations, les documents générés sont disponibles à l'ensemble des parties intéressées.

L'utilisation des référentiels IN2P3 et surtout l'application des bonnes pratiques métiers qui en émane naturellement dans notre activité de recherche expérimentale offre un cadre organisationnel naturel, acquis au fil du temps, partagé et accepté de tous, dans lequel s'incorpore facilement le système de gestion de la plateforme et le système de gestion documentaire.

Tout en veillant à la traçabilité, la démarche qualité déployée permet de créer une dynamique de progrès en mettant rapidement en évidence les effets positifs des améliorations mises en place et renforce l'attractivité de poursuivre ces changements.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

5.1.4 Implication de la direction

Les deux axes menés dans cette étude ont été mis en place avec l'implication de la direction du projet d'une part, de la structure hiérarchique d'autre part, y compris celle en charge de l'exploitation des infrastructures.

Les objectifs ont été clairement définis :

- mettre en place un processus de gestion de la plateforme qui satisfasse l'ensemble des acteurs (porteurs de projet de R&D, de projet de production, responsables des installations)
- assurer la traçabilité de réalisation de prototypes de cavité dans un contexte de recherche expérimentale en capitalisant et partageant les bonnes pratiques pour préparer la production d'une petite série. De ce fait la démarche qualité n'a pas été présentée ni ressentie comme une obligation ou un moyen de contrôle mais comme une opportunité d'amélioration permettant d'avancer vers la performance expérimentale.

5.1.5 Réflexion sur la notion de document

Le système de gestion électronique de données permet de gérer des documents dans une logique de dossiers.

Mais les documents ne sont que les enregistrements soit d'une façon de faire, soit des faits eux-mêmes ou des résultats obtenus. Dans l'outil de gestion électronique de données, il n'y a donc que des enregistrements, datés par rapport au moment où est réalisée l'activité considérée. Dans cette logique la notion de documents est remplacée par la notion d'enregistrement. A l'extrême, si on change la façon de faire à chaque mise en œuvre, le document doit logiquement changer puisque c'est l'enregistrement de la façon de faire.

D'un point de vue qualité, on est finalement confronté à des enregistrements qui qu'on le veuille ou non, sont datés, positionnés par rapport à l'évolution d'un produit dans la démarche expérimentale.

5.2 Perspectives

Les perspectives se déclinent à court, moyen et long terme.

Les perspectives à court terme s'inscrivent dans la logique d'amélioration continue de l'outil de gestion des infrastructures afin

- d'exploiter au mieux la démarche de management visuel, gage de sa bonne utilisation et compréhension en travaillant sur l'homogénéisation des rendus,
- d'intégrer des nouvelles notions de temps d'utilisation et de disponibilité des différentes structures. Il convient également d'intégrer le nouveau four permettant de procéder au recuit thermique. Il faudra également procéder à la caractérisation ce « four », un plan d'expérience avec la méthode Taguchi est sérieusement envisagé.
- d'intégrer les opérations de jouvence nécessaire au bon fonctionnement de la plateforme. Les actions de maintenance ont quant à elles déjà été prises en compte dans l'outil.

A moyen terme, il est prévu de prendre en compte la transversalité du processus d'intégration des cavités en modifiant la structure organisationnelle du groupe d'exploitation de la plateforme afin



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

Série

- Vingt-deux autres cavités de juillet 2017 à juin 2018, à assembler et tester en huit semaines soit deux par mois,
- Assemblage et test des treize autres cryomodules du 1er août 2017 au 30 octobre 2018.

6 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence quelques points stratégiques nécessaires à la réussite de la mise en place d'une démarche qualité dans un environnement de recherche expérimentale :

- adopter une démarche participative et collective pour que le nouveau système soit porté par chacun des acteurs,
- rebondir sur les améliorations espérées et employer le moins possible le mot qualité, qui est encore synonyme dans notre environnement de règles et procédures contraignantes, manquant de souplesse,
- rebondir sur les compétences et les méthodes déployées et ne pas parler de référentiel,
- utiliser le vocabulaire métier qui vient naturellement plutôt que les locutions classiques de la qualité expressions classique « cycle de vie » pour processus, « procès verbal » pour formulaire d'enregistrement, « livret suiveur » pour relevé d'état d'avancement,
- à chaque action mise en place se souvenir de l'objectif visé, du « pour quoi faire », « est-ce vraiment utile », « quel risque si ce n'est pas fait » de façon à ne pas produire simplement des documents mais donner un sens à ce que l'on fait,
- orienter vers des solutions les plus simples et les plus explicites possibles de façon à ce que la démarche qualité reste « naturellement » dans nos activités, sans générer le souhait de l'externaliser vers le responsable qualité ou un consultant par exemple,
- établir un plan d'action de la démarche en valorisant clairement la mise en place de petites initiatives séquentielles au dépend d'un but lointain difficilement atteignable.

Enfin, il faut être motivé, persévérant et y consacrer suffisamment de temps pour suivre l'état d'avancement de la démarche et maintenir ou relancer la dynamique de progrès mise en place par cette approche qualité des activités et des projets.



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

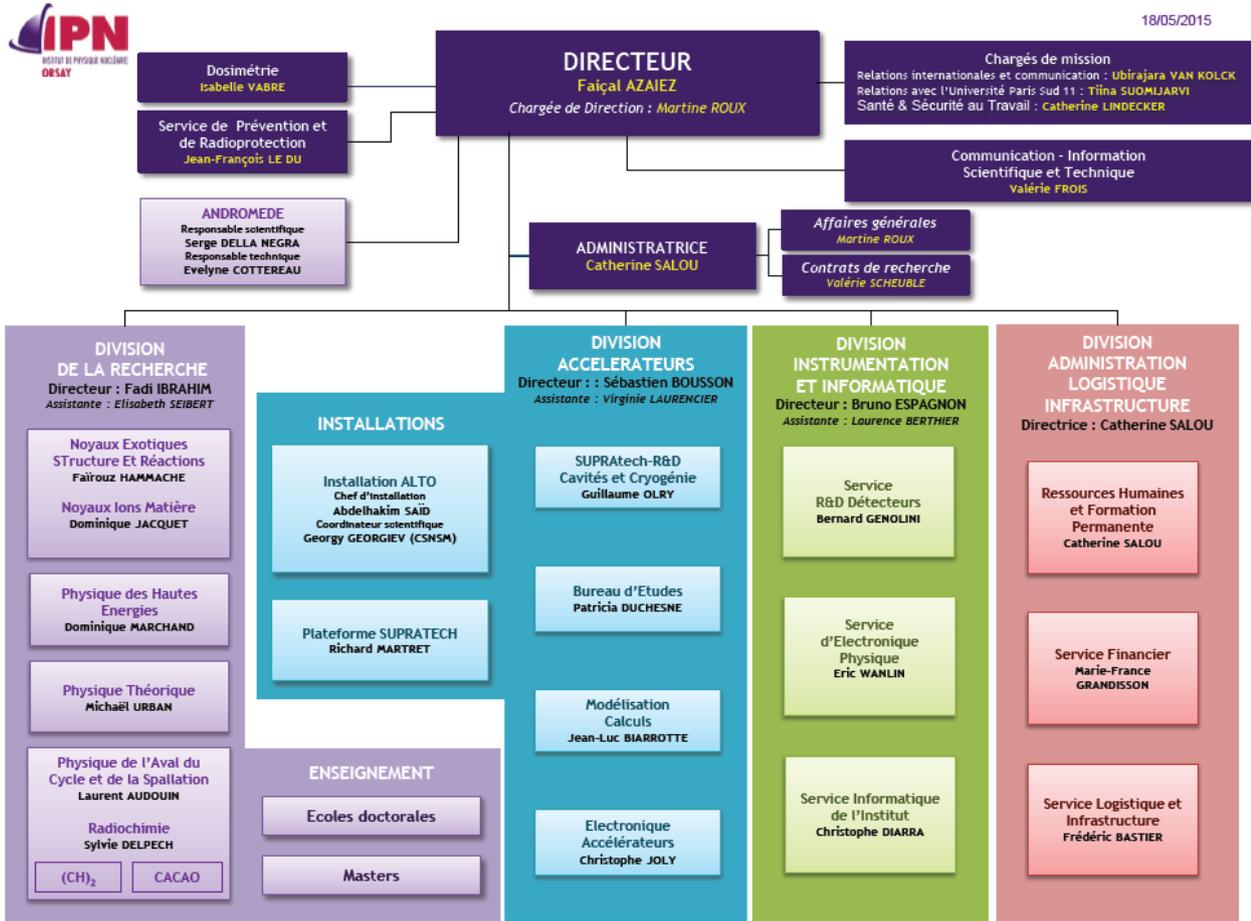
BIBLIOGRAPHIE

- 1 *NF EN ISO 9001, Exigences systèmes de management de la qualité.* 2008.
- 2 *NF X 50-553 Management des activités de recherche.* 2014.
- 3 Poux, Véronique. *Mémoire de fin d'études Mastère NQCE.* IPN Orsay, septembre 2015.
- 4 *Référentiel IN2P3 conduite de projets, Gestion de la documentation, recommandation 8.* I-013140, 2008.
- 5 *Référentiel IN2P3 Conduite de projets, Gestion de la configuration, recommandation 5.* I-013137, 2008.
- 6 Bousson, S. *Spoke cryomodule prototype general lifecycle, document interne.* I-038434, 2014.
- 7 Pépin-Donat, T. *24A-MO-01 Repérage numérotation de document.* I-038434, document interne, 2014.
- 8 Pépin-Donat, T. *24A00-PR01 Cycle de vie Réception.* I-040719, document interne, 2014.
- 9 Martret, R. *Présentation GIPS_VF.* document interne, 2014.
- 10 *FD X 50-551, Qualité en recherche - Recommandations pour l'organisation et la réalisation d'une activité de recherche en mode projet notamment dans le cadre d'un réseau.* 2003.
- 11 *FD ISO 10005, Lignes directrices pour les plans qualité.* 2005.
- 12 *FD X 50-171, Indicateurs et tableaux de bord.* 2000.
- 13 *FD X 50-176, Management des processus.* 2000.
- 14 *FD ISO 10007, Lignes directrices pour la gestion de configuration.* 2003.
- 15 *AC X50-178, Bonnes pratiques et retours d'expérience, management des processus, management de la qualité.* 2002.
- 16 *FD ISO 10006, Lignes directrices pour le management de la qualité dans les projets.* 2003.
- 17 *FD ISO/TR 10013, Lignes directrices pour la documentation des systèmes de management.* 2006.
- 18 *GA X 50-552, Guide d'application de l'ISO 9001 dans les organismes de recherche.* 2004.
- 19 Duchesne, P. *Ingénierie des cryomodules, Ecole des accélérateurs.* document interne, 2014.
- 20 *NF ISO 21500, Lignes directrices sur le management de projet.* 2012.
- 21 *Référentiel IN2P3 conduite de projets, Organisation du projet, recommandation 2.* I-013134, 2008.
- 22 *Référentiel IN2P3 conduite de projets, Qualité et système de management, recommandation 6.* I-013138.
- 23 Reynet, D. *Spécification GED Projet ESS WP4 Spoke, document interne.* I-028924, 2012.
- 24 Jean Pierre Caliste, Manuel Majada, Françoise Galland. *Livre Blanc, Une Démarche Qualité pragmatique sans non-dit, sans tabou.* 2013.

ANNEXES



I. Organigramme détaillé du laboratoire





II. Composition de la plate-forme¹¹

L'équipement de la plate-forme comprend :

- **une salle de chimie**, où sont traitées dans des bains d'acide, les surfaces des cavités afin que celles-ci ne présentent aucune altération susceptible d'engendrer des émissions parasites d'électrons.
- **une salle blanche ISO4**, équipement de très haute technologie (80 m², dont 50m² en classe 10) qui est le maillon indispensable au nettoyage et au montage des cavités supraconductrices.
- **un hall de montage**, zone dédiée à l'intégration des cryostats,
- **deux halls d'expériences**, zones expérimentales équipées de cryostats verticaux et horizontaux destinées aux tests et validation des cavités avec RF.

Pour permettre l'utilisation optimale des infrastructures précédentes, la plate-forme est équipée :

- **de sources RF de puissance** aux fréquences de 88 MHz, 350 MHz et 700 MHz,
- **une installation d'hélium** comprenant un liquéfacteur d'hélium et l'installation de récupération et de compression associée ; ce gaz coûteux, dont le rejet dans l'atmosphère serait anti-écologique et qui est, ici, soigneusement recyclé.
- **un système de refroidissement 400 kW** (sources HF)

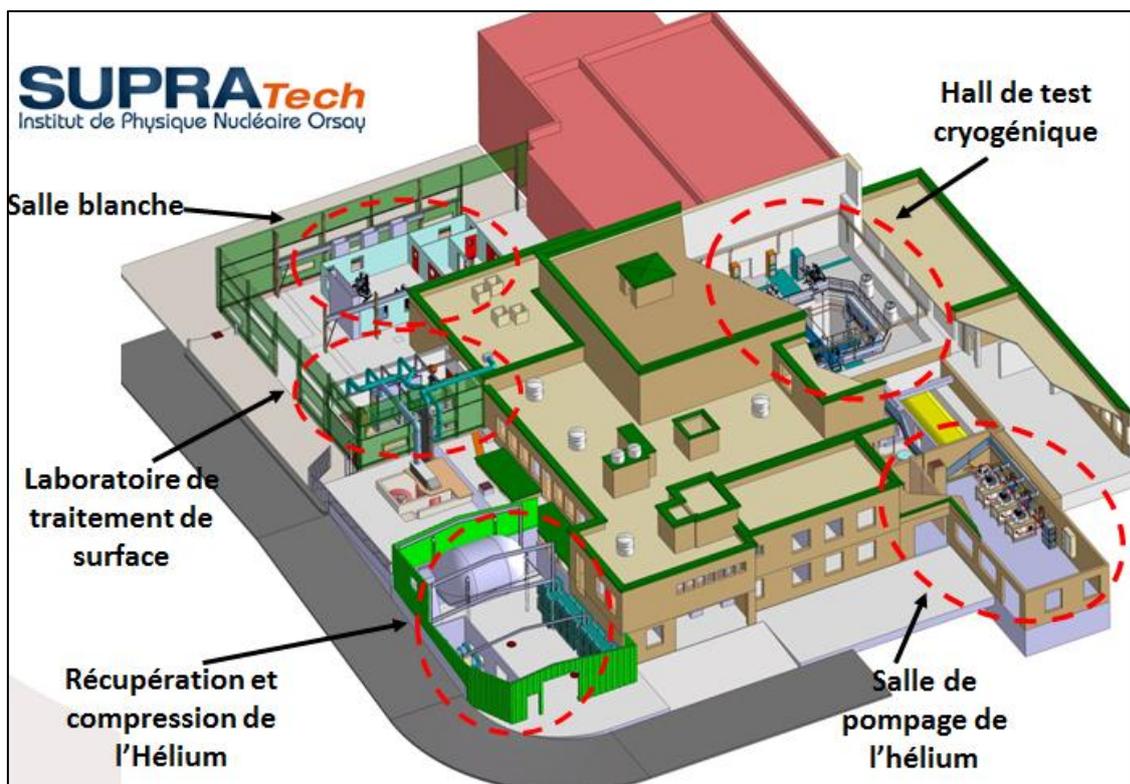


Figure 49 : Plateforme SupraTech à l'IPN d'Orsay

¹¹ Informations issus des pages internet de présentation du site de la plateforme <http://ipnwww.in2p3.fr/-SUPRAtech->



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

Laboratoire de traitement de surface

Opération indispensable de décapage chimique afin d'obtenir un état de surface exempt de toute impureté

- 1) La cavité est pesée
- 2) Puis un dégraissage dans une cuve à ultra-sons avec un produit lessiviel est effectué
- 3) La cavité est ensuite préparée en vue du traitement
- 4) Puis on procède au décapage chimique
- 5) En dernier lieu, on procède à une opération de rinçage à l'eau ultra pure

Etat de surface avant décapage (x200)

Etat de surface après décapage de 100 µm (x200)

Installation opérationnelle depuis 2007

- Mélange d'acides : Phosphorique, Nitrique and Fluorhydrique
- Vitesse d'attaque : ~0.5 µm/minute
- Attaque type : de 10 à 250 µm

Moyen d'observation des surfaces:

- Contrôleur d'épaisseur à ultrasons
- Rugosimètre
- Microscope optique (x1000)

Champ clair, champ sombre, lumière polarisée

IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

Salle Blanche

Les opérations en salle blanche consistent à nettoyer et préparer les cavités supraconductrices dans un environnement de très grande propreté.

Surface total : 85 m², et 45 m² en classe 10 (ISO 4)

- Eau ultra-pure (18.2 MΩcm) production 100L/h
- Système de rinçage sous haute pression 100Bar (400L/h).
- Température et humidité ambiante contrôlées
- Gaz azote et hélium filtrés (pour test de fuites et comptage de particules)
- Chariots manipulateur pour différentes formes de cavité
- Compteur de particules (de 25 µm à 0.3 µm)

L'une des premières opérations consiste à rincer à l'eau ultra-pure sous 100 bars de pression la cavité

Assemblage d'une cavité elliptique (MAX)

Assemblage de deux cavités Spiral2 dans un crymodule

Assemblage d'une cavité de conditionnement de coupleurs



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

Halls d'expériences

Halls équipés d'installations cryogéniques, RF pour tests de cavités et de cryomodules et de matériaux à très basse température

1^{er} Site 10W@2K, 20W@2K, 40W@2K
Cryostats : Ø800, Ø350, Ø270, Ø100,

Test de cryomodule Spiral2

Station de calibration en T° de capteurs 300K → 1.5K (LHC)

R&D Cryostat Ø800mm

2^{ème} Site 40W@2K, 80W@2K

Test de cryomodule MAX

IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

HALL DE MONTAGE

(Exemple d'intégration de 2 cavités dans un cryostat)

Sortie salle blanche

Mise en place d'écran magnétique pour contrer les éventuelles perturbations extérieures.

Pose des écrans thermiques de super isolation et contrôle du bon fonctionnement du système d'accord

Mise en place de la partie haute avec les connections et les interfaces hélium

Mise en place de l'écran thermique

Le chariot de transport est enlevé

Enceinte externe du cryomodule

Mise en place de l'écran inférieur

Thermalisation des câbles

Enceinte à vide partie basse

Système de compensation barométrique

Contrôle d'étanchéité de l'ensemble



III. Synthèse du lancement de la démarche qualité sur les activités autour de la plateforme



**DÉMARCHE QUALITÉ AU
SEIN DE LA PLATEFORME
SUPRATECH**

V. Poux

Unité mixte de recherche
CNRS-IN2P3
Université Paris-Sud

91406 Orsay cedex
Tél. : +33 1 69 15 73 40
Fax : +33 1 69 15 64 70
<http://ipnweb.in2p3.fr>



1



POURQUOI UN SMQ ?

- Garantir la qualité et la traçabilité
des instruments scientifiques produits,
- Améliorer l'efficacité de nos activités, les pérenniser,
- Assurer une gestion optimale des installations,
- Avoir une meilleure visibilité,
-



2



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS



CLARIFICATION DE LA PROBLÉMATIQUE

Problématique exprimée par le responsable de la plateforme en réunion préparatoire

Mener une expérience ou une installation à son terme de façon fiable.

Reformulation par le groupe?

- Supratech est une Plateforme technologique pour développer, expérimenter et valider des cavités accélératrices supraconductrices.



3



REMUE MÉNINGES

Comment faire pour arriver à l'objectif visé ?

Un remue – méninges silencieux avec des papiers adhésifs

Bien communiquer au sein du groupe	Avoir une visibilité financière	Ecouter les retours d'expérience	Aménager des zones dédiées
Dialoguer et communiquer en interne	Assurer un suivi du planning	Comprendre les retours d'expérience	Connaitre la disponibilité du matériel
Se réunir pour organiser	Plannifier et ordonnancer les opérations	Rencontrer / échanger les expériences	Planifier la maintenance des équipements
Avoir le personnel nécessaire	Identifier (mesurer) des caractéristiques	Recevoir des informations précises sur les besoins	Intégrer une cavité dans son cryostat
Avoir le personnel disponible	Tester un banc d'essai	Recevoir des informations précises sur les besoins	Tester des cavités
Transmettre les résultats	Approvisionner le matériel	Regrouper les informations du dessus	Avoir un équipement en bon état de fonctionnement
Déléguer les tâches	Argumenter les choix	Bien communiquer avec les chefs de projet et le BE	Augmenter les surfaces de travail
Evoluer les technologies utilisées	Dialoguer avec les utilisateurs de la Plateforme	Traiter les cavités	Organiser, ranger, classer le matériel
Coordonner les équipes au sein de la plateforme	Expérimenter des Systèmes d'Accord à Froid	Monter un ensemble cryogénique	Disposer de procédures et de protocoles



4



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

IPN INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE ORSAY

REGROUPEMENT PAR THEMES

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

Bien communiquer au sein du groupe ①	Avoir une visibilité financière du disponible ②	Ecouter les retours d'expérience ⑥	Aménager des zones dédiées ⑦
Dialoguer et communiquer en interne ①	Assurer un suivi du planning ②	Comprendre les retours d'expérience ⑥	Connaître la disponibilité du matériel ⑦
Se réunir pour organiser ①	Planifier et ordonnancer les opérations ②	Rencontrer / échanger les expériences ⑥	Planifier la maintenance des équipements ⑦
Avoir le personnel nécessaire ②	Identifier (mesurer) des caractéristiques ③	Recevoir des informations précises sur les besoins ⑤	Intégrer une cavité dans son cryostat ③
Avoir le personnel disponible ②	Tester un banc d'essai ③	Faire évoluer les technologies utilisées ⑥	Tester des cavités ③
Transmettre les résultats ⑥	Approvisionner le matériel ⑦	Regrouper les informations du dessus ⑤	Avoir un équipement en bon état de fonctionnement ⑦
Déléguer les tâches ②	Argumenter les choix ⑤	Bien communiquer avec les chefs de projet et le BE ⑤	Augmenter les surfaces de travail ⑦
Disposer de procédures et de protocoles ④	Dialoguer avec les utilisateurs de la Plateforme ⑤	Traiter les cavités ③	Organiser, ranger, classer le matériel ⑦
Coordonner les équipes au sein de la plateforme ②	Expérimenter des Systèmes d'Accord à Froid ③	Monter un ensemble cryogénique ③	

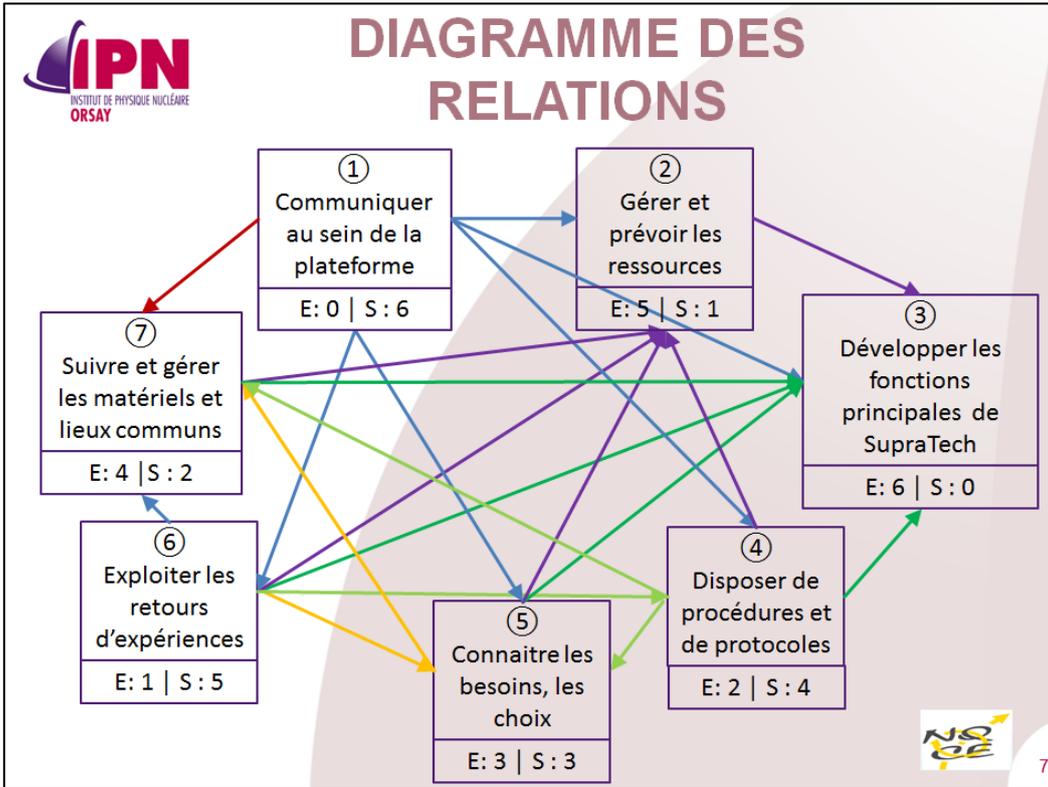
NO GE 5

IPN INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE ORSAY

IDENTIFIER DES RUBRIQUES

Gérer et prévoir les ressources ②	Suivre et gérer les matériels et les lieux communs ⑦	Développer les fonctions principales de SupraTech ③
Avoir une visibilité financière du disponible	Approvisionner le matériel	Tester un banc d'essai
Assurer un suivi du planning	Aménager des zones dédiées	Expérimenter des Systèmes d'Accord à Froid
Planifier et ordonnancer les opérations	Connaître la disponibilité du matériel	Intégrer une cavité dans son cryostat
Avoir le personnel nécessaire	Planifier la maintenance des équipements	Tester des cavités
Avoir le personnel disponible	Avoir un équipement en bon état de fonctionnement	Identifier (mesurer) des caractéristiques
Déléguer les tâches	Augmenter les surfaces de travail	Traiter les cavités
Coordonner les équipes au sein de la plateforme	Organiser, ranger, classer le matériel	Monter un ensemble cryogénique
Exploiter les retours d'expériences ⑥	Connaître les besoins, les choix ⑤	Communiquer au sein de la plateforme ①
Rencontrer / échanger les expériences	Regrouper les informations amont	Bien communiquer au sein du groupe
Transmettre les résultats	Bien communiquer avec les chefs de projet et le BE	Dialoguer et communiquer en interne
Faire évoluer les technologies utilisées	Dialoguer avec les utilisateurs de la Plateforme	Se réunir pour organiser
Ecouter les retours d'expériences	Argumenter les choix	
Comprendre les retours d'expérience	Recevoir des informations précises sur les besoins	Disposer de procédures et de protocoles ④
		Disposer de procédures et de protocoles

NO GE 6



PRIORITES

IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

Actions	Entrées	Sorties
① Communiquer au sein de la plateforme	0	6
② Gérer et prévoir les ressources	5	1
③ Développer les fonctions principales de SupraTech	6	0
④ Disposer de procédures et de protocoles	2	4
⑤ Connaitre les besoins, les choix	3	3
⑥ Exploiter les retours d'expériences	1	5
⑦ Suivre et gérer les matériels et lieux communs	4	2

Cause racine

Effet principal

NO GE 8



IV. La planification dynamique stratégique pour éclairer les axes de l'étude

La planification dynamique stratégique est un outil visuel de qualité qui facilite la conceptualisation d'un projet et formalise les différents éléments concourants à la réalisation de l'objectif. La représentation graphique permet d'identifier facilement les parties intéressées et leurs attentes ainsi que le contexte du projet. Les solutions proposées sont présentées, les priorités définies et les premiers livrables explicités.

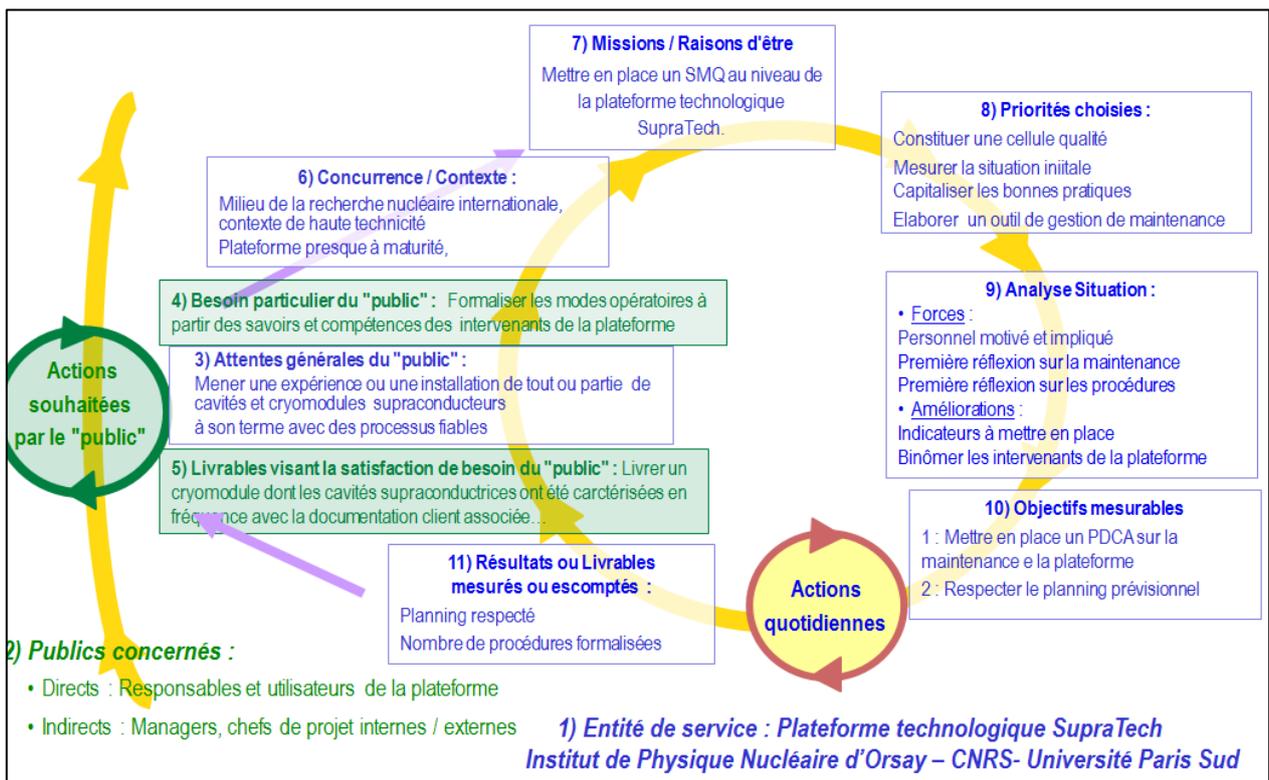


Figure 50 : Planification dynamique stratégique pour l'amélioration des activités à SupraTech



V. Modèle de document

 	24A-MO-02		Réf. EDMS	I-XXXXXX
			Réf. EDMS modèle	I-XXXXXX v.1
Modèle de document				Page 1 / 2

Résumé

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS				
VERSION	DATE	EXPLICATIONS	Réf fiche d'impact (si nécessaire)	Applicable à partir de la cavité...
1				
2				

Version <i>Issue</i>	Date <i>Date</i>	Rédacteur <i>Prepared by</i>	Vérificateur <i>Checked</i>	AQ <i>QA approval</i>
Signatures				

Figure 51 : Modèle de document, page de garde



Mise en place d'une démarche qualité dans une activité de recherche d'un laboratoire du CNRS

VI. Poster « ESS Cryomodule for Spoke Cavities » présenté à SRF 2013



IPN
INSTITUT DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ORSAY

ESS CRYOMODULE FOR SPOKE CAVITIES



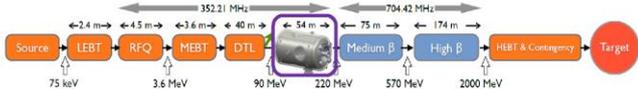
EUROPEAN
SPALLATION
SOURCE



UNIVERSITÉ
PARIS
SUD

IPN Orsay - Accelerator Division - 15, rue G. Clémenceau, 91406 ORSAY Cedex
S. BOUSSON, S. BRAULT, J. DAULT, R. DUCHESNE, R. DUTHIL, N. GANDOLFO, G. OLRY, E. RAMPNOUX, D. REYNET*
ESS LUND : C. Darve
*Tel. 33-169158141 @Mail : reynet@ipno.in2p3.fr

The superconducting part of the linear accelerator consists in 59 cryomodules housing different superconducting radiofrequency (SRF) resonators among which 28 paired $\beta = 0.5$ 352.2 MHz SRF niobium double Spoke cavities, held at 2K in a saturated helium bath. It will be the first section integrating double Spoke cavities in an operating linac.



Design using industrial approach

Experience of Triple Spoke production



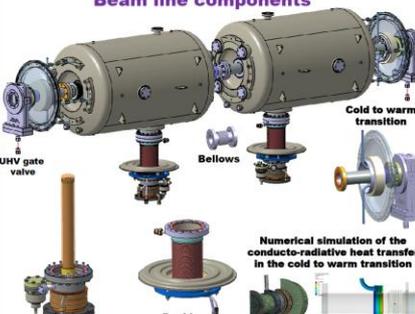
Studies of Assembly process, Stamping, Explosive forming and EB welding

Cavities interfaces

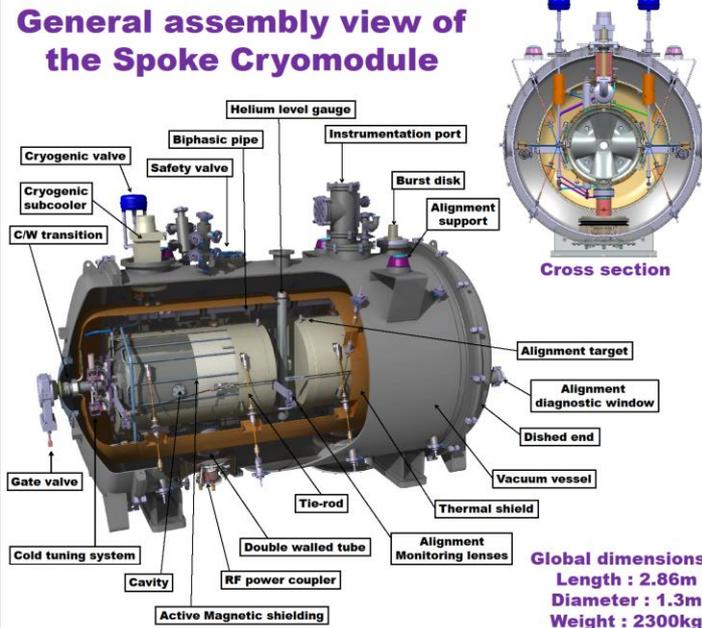
Conditioning constraints, assembly scenario and definition of tools were integrated since the beginning of the components design.



Beam line components

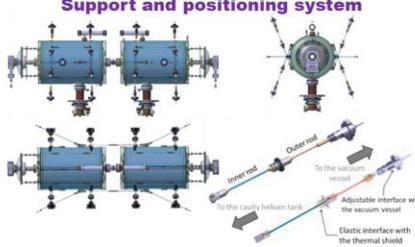


General assembly view of the Spoke Cryomodule

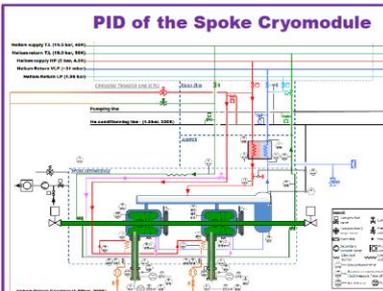


Global dimensions :
Length : 2.86m
Diameter : 1.3m
Weight : 2300kg

Support and positioning system



PID of the Spoke Cryomodule



Component	Estimated	
	40 K (W)	2 K (W)
Thermal radiation	19.0	0.5
Supporting system (vibr.)	4.0	0.2
Cold He system (2000000000 (2 items))	0.5	0.3
RF power couplers (2 items)	2.0	2.0
Cryogenic distribution	2.0	1
Alignment system	4.1	0.75
Instrumentation	8.0	0.2
Total of the static heat loads	39.5	5.95

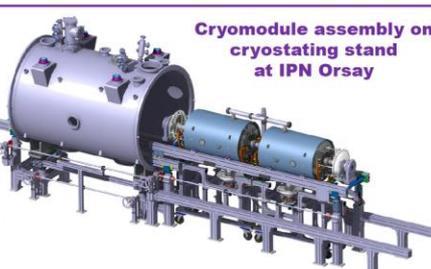
Static heat loads:

Dynamic heat loads:
One cavity: 2W
One coupler: 1W for 15mg/s of He gas cooling

Assembly in ISO 4 clean Room at IPN ORSAY



Cryomodule assembly on cryostating stand at IPN Orsay



Spoke Prototype Cryomodule Planning

Task	Start	End
DESIGN	2012-01-01	2012-06-30
PRODUCTION	2012-07-01	2013-03-31
TESTING	2013-04-01	2013-09-30
ASSEMBLY	2013-10-01	2014-03-31

Figure 52: Poster Cryomodule ESS - SRF 2013