



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

PROCESSUS D'APPROPRIATION D'UN NOUVEAU SYSTEME D'IMAGERIE MEDICALE PAR DES PROFESSIONNELS EN RADIOTHERAPIE EXTERNE

EFFETS SUR LA SECURISATION DU TRAITEMENT

Auteurs : Céline PORET, Sarah CARMINATI (consultante), Sylvie THELLIER

Rapport IRSN n°2021-00259

Pôle sûreté des installations et des systèmes nucléaires

Direction thématique EXPertise de sûreté

Service Homme Organisation Technologie

Laboratoire de recherche en Sciences Humaines et Sociales

Bâtiment n°1, FAR, BP 17, 92262, Fontenay-aux-Roses

RÉSUMÉ

Mots clés : Appropriation, genèse instrumentale, genèse organisationnelle, radiothérapie externe, sécurisation du soin

La radiothérapie est une méthode de traitement local des cancers qui repose sur la délivrance de rayonnements ionisants pour détruire les cellules cancéreuses, tout en préservant au maximum les tissus sains environnants. Dans ce cadre, les avancées de l'informatique initiées au cours des années 1990-2000 et l'évolution de l'imagerie ont joué et continuent de jouer un rôle essentiel. Mais, « *si le bénéfice de la numérisation pour les patients en termes de performances thérapeutiques est incontestable, l'impact sur la sécurité des traitements est plus mitigé* » (Roch & 2018, p.4).

Les évolutions technologiques en radiothérapie connaissent en effet un rythme soutenu, pouvant être à l'origine de difficultés d'usage voire de maîtrise des équipements par les professionnels, d'autant que ces équipements sont de plus en plus complexes (IRSN, 2011). La maîtrise de ces difficultés et du risque d'utilisation inappropriée suppose de consacrer une attention suffisante à l'appropriation de ces évolutions techniques. Cette recherche s'inscrit dans ce contexte et propose de comprendre le processus d'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale (SIM) par des manipulateurs d'électroradiologie médicale (MERM), dans le cadre de l'activité de contrôle du positionnement du patient.

Pour cela, des données ont été recueillies au sein d'un Centre de Lutte Contre le Cancer avant, pendant et jusqu'à quatre mois après le déploiement du nouveau SIM dans le service de radiothérapie. L'analyse a été menée en référence à l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), développée en ergonomie cognitive, qui propose de documenter le processus d'appropriation au travers du concept de « genèse instrumentale ».

Les résultats permettent de caractériser le processus d'appropriation des manipulateurs, ainsi que son ampleur. Ainsi, l'appropriation du nouveau système d'imagerie se caractérise par une relative stabilité des instruments et des pratiques retrouvée après une période de déstabilisation impulsée par l'introduction de la nouveauté technique. Pour que l'appropriation de cette nouveauté soit effective, la stabilité relative caractérisant l'appropriation doit intervenir non seulement au niveau individuel, mais aussi à différents niveaux collectifs, chacun de ces niveaux étant dans une relation d'interdépendance. Cette recherche montre ainsi que l'introduction d'une nouveauté technique peut avoir des effets sur l'ensemble des activités du processus de radiothérapie, même si *a priori* cette nouveauté peut sembler n'impacter qu'une seule étape de ce processus. Autrement dit, l'introduction de la nouveauté technique impulse non seulement des genèses instrumentales au niveau de chacun des acteurs concernés, mais plus largement des genèses organisationnelles qui en retour influent sur les genèses instrumentales.

Cette recherche a également permis de montrer des liens entre la modification des instruments et des pratiques lors du processus d'appropriation du nouveau système d'imagerie et les risques encourus par les patients. Cette analyse de risques a permis d'étudier ce que devenait une activité contribuant à la sécurisation du soin (ACS), le contrôle du positionnement du patient par imagerie, lors de ce processus.

Enfin, ces résultats permettent de proposer une démarche d'accompagnement du changement qui articule deux accompagnements à mener en parallèle :

- l'un, qui concerne le processus d'appropriation en tant que tel, aux niveaux individuels et collectifs, pour accompagner le passage de la genèse instrumentale à la genèse organisationnelle qui est une condition *sine qua non* pour que l'appropriation de la nouveauté technique permette de maintenir la performance du processus de radiothérapie dans son ensemble ;

- l'autre, qui consiste à sécuriser le processus de soin en cours de déstabilisation/restabilisation. Il s'agit de s'assurer de l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation du soin (ACS) mises en œuvre par les acteurs au fil du processus de radiothérapie, au cours de cette période de transformations et de « turbulences » constituée par la période d'appropriation.

SUMMARY

Key-words : Appropriation, instrumental genesis, organizational genesis, external radiotherapy, securing care

Radiotherapy is a method of local treatment of cancer which relies on the delivery of ionizing radiation to destroy cancer cells, while preserving as much as possible the surrounding healthy tissues. In this context, the advances in computing initiated during the 1990s/2000s and the evolution of imagery have played and continue to play an essential role. But, *"while the benefit of digitization for patients in terms of therapeutic performance is indisputable, the impact on treatment safety is more mixed"* (Roch & 2018, p.4).

Technological developments in radiotherapy are indeed experiencing a sustained pace, which can be the cause of difficulties in the use or even mastery of equipment by professionals, especially as this equipment is increasingly complex (IRSN, 2011). Controlling these difficulties and the risk of inappropriate use requires devoting sufficient attention to the appropriation of these technical developments. This research falls within this context and proposes to understand the process of appropriation of a new medical imaging system (MIS) by radiographers, when they control the patient positioning.

To do this, data was collected at a Cancer Center before, during and up to four months after the deployment of the new MIS in the radiotherapy department. The analysis was carried out with reference to the instrumental approach (Rabardel, 1995), developed in cognitive ergonomics, which proposes to document the process of appropriation through the concept of "instrumental genesis".

The results make it possible to characterize the process of appropriation of the radiographers, as well as its extent. Thus, the appropriation of the new imaging system is characterized by a relative stability of instruments and practices found after a period of destabilization driven by the introduction of technical novelty. For the appropriation of this novelty to be effective, the relative stability characterizing the appropriation must occur not only at the individual level, but also at various collective levels, each of these levels being in an interdependent relationship. This research shows that the introduction of a technical novelty can have effects on all the activities of the radiotherapy process, even if this novelty may seem to impact only one step of this process. In other words, the introduction of technical novelty not only impels instrumental genesis at the level of each of the actors concerned, but more broadly organizational genesis which in turn influence the instrumental genesis.

This research has also made it possible to show links between the modification of instruments and practices during the process of appropriation of the new imaging system and the risks incurred by patients. This risk analysis made it possible to study what became of an activity contributing to the safety of care (ACS), the control of patient positioning by imaging, during this process.

Finally, these results make it possible to propose a change support approach that articulates two supports to be carried out in parallel:

- one, which concerns the process of appropriation as such, at individual and collective levels, to support the transition from instrumental genesis to organizational genesis, which is a *sine*

qua none condition for the appropriation of novelty technique allows to maintain the performance of the radiotherapy process as a whole;

- the other, which consists of securing the care process in the process of destabilization/ re-stabilization. It is a question of ensuring the effectiveness of the activities contributing to the safety of the care (ACS) implemented by the actors throughout the radiotherapy process, during this period of transformations and "turbulence" constituted by the period of appropriation.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	10
2	L'APPROPRIATION DES TECHNOLOGIES EN RADIOTHÉRAPIE EXTERNE : UN ENJEU POUR LA SÉCURITÉ DES PATIENTS	13
2.1.	La radiothérapie: un processus en plusieurs étapes, qui engage différents professionnels	13
2.1.1.	Présentation du service	13
2.1.2.	La prescription médicale	14
2.1.3.	La préparation du traitement	14
2.1.4.	La délivrance du traitement	15
2.2.	L'appropriation des nouveaux équipements, un enjeu pour la sécurité des patients	17
2.2.1.	Un rythme soutenu de renouvellement des équipements de radiothérapie	17
2.2.2.	Les pratiques et les compétences des professionnels au centre du changement d'équipement	18
2.2.3.	La sécurisation des traitements à l'épreuve du changement d'équipement	19
2.2.4.	L'étude du processus d'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale	19
2.3.	Conclusion	20
3	L'APPROPRIATION DU NOUVEAU SYSTÈME D'IMAGERIE MÉDICALE : UNE GÈNESE INSTRUMENTALE	22
3.1.	Une approche diachronique	22
3.1.1.	L'appropriation, un phénomène qui se saisit dans le temps	22
3.1.2.	L'appropriation au prisme de la genèse instrumentale	23
3.1.3.	Des données recueillies à différents moments	25
3.2.	Une triangulation de méthodes de recueil de données	28
3.2.1.	Observations situées	28
3.2.2.	Entretiens	29
3.2.3.	Recueil de traces de l'activité	30
3.2.4.	Limites de notre méthodologie de recueil de données	31
3.3.	Une méthodologie d'analyse des données en quatre étapes	32
3.3.1.	Identification des instruments de contrôle du positionnement par imagerie	32
3.3.2.	Constitution de « cas »	32
3.3.3.	Du « cas » à la modélisation d'une « trajectoire d'appropriation »	33
3.3.4.	Comparaison des trajectoires d'appropriation	35
3.4.	Conclusion	36

4. LES TROIS INSTRUMENTS DE CONTROLE DU POSITIONNEMENT PAR IMAGERIE : PRESENTATION GENERALE	37
4.1. Trois objectifs, trois instruments.....	37
4.1.1. Préparer les images au contrôle du positionnement.....	38
4.1.2. Identifier les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (DRR).....	40
4.1.3. Réduire les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (DRR)	43
4.2. Des instruments variables et dynamiques.....	44
4.3. Conclusion	47
5. L'APPROPRIATION DU NOUVEAU SYSTEME D'IMAGERIE : DE LA GENESE INSTRUMENTALE A LA GENESE ORGANISATIONNELLE	48
5.1. Une période de déstabilisation / restabilisation des instruments de contrôle du positionnement au niveau individuel.....	49
5.1.1. Une déstabilisation importante de l'instrument d'identification des décalages de positionnement.....	49
5.1.2. Une période de déstabilisation abordée par les manipulateurs à l'aide des instruments développés et stabilisés jusqu'alors : entre ressource et risque.....	53
5.1.3. Une période qui se caractérise par des phénomènes de projection dans l'activité future.....	56
5.2. Une période de déstabilisation/ restabilisation des instruments de contrôle du positionnement à différents niveaux du collectif	58
5.2.1. Une déstabilisation / restabilisation de la coordination au sein du binôme de manipulateurs.....	58
5.2.2. Une structuration de l'appropriation individuelle par l'appropriation au niveau collectif du processus.....	59
5.2.3. Une dynamique de convergence progressive vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé au niveau du processus	61
5.3. Conclusion	68
6. PROCESSUS D'APPROPRIATION ET RISQUES POTENTIELS POUR LES PATIENTS... 71	
6.1. Démarche d'analyse.....	71
6.2. Effets du changement du SIM sur l'activité de contrôle du positionnement du patient et émergence de risques.....	74
6.2.1. La préparation et l'acquisition des images.....	74
6.2.2. L'identification des décalages.....	75
6.2.3. La réduction des décalages.....	76
6.3. Aborder le contrôle comme une « barrière de sécurité »	77
6.3.1. Une notion partagée et reconnue dans les industries à risques.....	77
6.3.2. Les limites de la notion de barrière de sécurité.....	78
6.4. Aborder le contrôle comme une activité contribuant à la sécurisation du soin....	80

6.4.1. Les apports de la notion « d'activité contribuant à la sécurisation du soin »	80
6.4.2. Démarche d'évaluation de l'impact d'un changement technique sur une activité contribuant à la sécurisation du soin	81
6.5. Conclusion	84
7. CONCLUSION – ACCOMPAGNER LA MUTATION TECHNOLOGIQUE DE LA RADIOTHERAPIE AU PLUS PRES DES ACTIVITES INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES	85
7.1. L'introduction d'un nouveau dispositif impulse des transformations d'ampleur au niveau des individus et des collectifs	85
7.2. L'accompagnement du processus d'appropriation doit intégrer ces différents niveaux de transformation... ..	86
7.2.1. Accompagner la genèse instrumentale et la genèse organisationnelle....	86
7.2.2. Des formations qui favorisent la projection dans l'activité future aux niveaux individuels et collectifs	87
7.3. ... tout en permettant de maintenir l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation du soin au cours de cette période	87
7.4. Des apports de cette recherche	88
7.4.1. Caractérisation de l'ampleur des transformations résultant de l'introduction d'une nouveauté technique	88
7.4.2. Différentes avancées théoriques et méthodologiques	89
7.4.3. Deux approches complémentaires de l'organisation et de la gestion des risques.....	90
7.4.4. Proposition d'une démarche d'accompagnement du changement qui articule deux dimensions	91

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figures

Figure 1 – Les différentes étapes du processus de radiothérapie & les professionnels impliqués	14
Figure 2 – Une activité de contrôle réalisée par un acteur humain en interaction avec un dispositif technique	20
Figure 3 – Le modèle des Situations d'Activités Collectives Instrumentées (SACI)	24
Figure 4 - Repères concernant le processus de mise en service du nouvel appareil de traitement dans le service	25
Figure 5 - Illustration d'une "trajectoire d'appropriation"	35
Figure 6 - Définition de la zone d'intérêt sur les DRR	38
Figure 7 - Illustration de l'instrument de préparation des images au contrôle du positionnement	40
Figure 8 - Illustration de l'instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle	42
Figure 9 - Illustration de l'instrument de réduction des décalages de positionnement entre les images de contrôle	44
Figure 10 - Différentes compositions artefactuelles de l'instrument d'identification des décalages de positionnement en fonction de des situations	47
Figure 11 - Une période de déstabilisation / restabilisation qui fait suite à l'introduction d'un nouvel appareil de traitement.....	48
Figure 12 - Une déstabilisation différente selon les instruments de contrôle du positionnement par imagerie.....	49
Figure 13 - Illustration du phénomène de projection	56
Figure 14 - L'évolution de l'origine des difficultés pour bien voir les images de contrôle	59
Figure 15 - Une dynamique de convergence vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé, à l'articulation entre appropriations individuelles et collective transverse.....	62
Figure 16 - Un exemple de retour en arrière concernant l'instrument d'identification des décalages de positionnement pour les cancers de la prostate	64
Figure 17 - Un exemple de coexistence d'ancien et de nouveau concernant l'instrument de préparation des images au contrôle du positionnement	65
Figure 18 - Illustration d'une zone relativement stable de fonctionnement partagé	68
Figure 19 - Représentation schématique des effets du nouveau SIM sur les activités individuelles et collectives relatives au contrôle du positionnement d'un patient par imagerie	73
Figure 20 - Deux méthodologies d'analyse complémentaires pour appréhender la dynamique de changement	89

Tableaux

Tableau 1 - Présentation des trois périodes de recueil de données	27
Tableau 2 - Récapitulatif des méthodes de recueil de données mobilisées sur les trois périodes	31
Tableau 3 - Deux manières de construire des "cas"	33
Tableau 4 - Grille d'analyse des cas	34
Tableau 5 - Caractéristiques de deux situations différentes du point de vue des difficultés rencontrées pour contrôler le positionnement du patient	45
Tableau 6 - Les quatre difficultés typiques relatives à la manière de lire/interpréter les images de contrôle.....	52
Tableau 7 - Différences entre manipulateurs dans l'expérience des difficultés.....	53
Tableau 8 - Deux formes possibles de tâtonnements instrumentaux: retours en arrière & hybridation	66
Tableau 9 – Deux possibilités techniques proposées par la machine	67

1. INTRODUCTION

La radiothérapie est une méthode de traitement local des cancers qui repose sur l'usage de rayonnements ionisants pour détruire toutes les cellules cancéreuses tout en préservant les tissus sains environnants.

Les avancées de l'informatique initiées au cours des années 1990-2000 ont joué et continuent de jouer un rôle essentiel dans ce domaine. Les principaux bénéfices de la mutation numérique dans laquelle la radiothérapie est engagée depuis de nombreuses années concernent en effet « *l'optimisation des volumes traités, l'augmentation de la dose délivrée à la tumeur et la meilleure protection des tissus sains* » (Roch & al, 2018, p.4). Mais, « *Si le bénéfice de la numérisation pour les patients en termes de performances thérapeutiques est incontestable, l'impact sur la sécurité des traitements est plus mitigé* » (Roch & al, *ibid*).

Par ailleurs, les évolutions technologiques dans le domaine médical connaissent un rythme soutenu. Comme le souligne Amalberti (2009, p.73) : « *Pour certaines interventions chirurgicales, les modifications profondes des techniques ont obéi à un cycle inférieur à 5 ans* », alors que « *le taux d'innovation majeure dans le nucléaire reste sur un cycle supérieur à 30 ans* ». La radiothérapie est engagée dans ce rythme intense d'innovation, dont les cycles courts se « *télescopent* » avec les cycles longs de la Qualité qui sont alors sacrifiés (Amalberti, *ibid*).

Dans ce contexte, de nouveaux risques émergent, et les événements les plus graves ont souvent eu lieu dans le cadre de la mise en œuvre de nouvelles techniques ou de nouveaux dispositifs (Roch & al 2018, p.5). La mise en œuvre d'une nouvelle technique ou le déploiement d'un nouveau dispositif, reposant généralement sur des moyens numériques, constitue une « *fragilité de la pratique de la radiothérapie* », et certains auteurs considèrent que la maîtrise de l'évolution technique est la pierre d'achoppement de la sécurisation en radiothérapie (Roch & al, 2018, p.5).

Si ces innovations sont indéniablement bénéfiques pour améliorer la précision des traitements de radiothérapie, elles nécessitent également un développement continu des compétences des professionnels et une capacité à s'adapter à ces changements rapides. A cet égard, l'IRSN (2011) a constaté que le rythme soutenu de renouvellement des machines en radiothérapie pouvait être à l'origine de difficultés de maîtrise des équipements par les professionnels ; d'autant que ces équipements sont de plus en plus complexes. Pour l'IRSN (*ibid*, p. 78), la maîtrise de ce risque suppose de consacrer une attention suffisante à l'appropriation de ces évolutions. Ce travail de recherche s'inscrit dans ce contexte. Il propose de regarder cette dynamique d'innovation technologique soutenue au prisme de son appropriation par les acteurs de la radiothérapie.

Plus précisément, l'objectif est de comprendre comment les activités et les savoirs des professionnels engagés dans le processus de radiothérapie évoluent au cours de l'introduction d'un nouvel outil dans leur service : comment ces acteurs s'approprient ces nouveaux dispositifs ? Quels sont les facteurs favorisant ou entravant cette appropriation ? Comment cette appropriation met en jeu la sécurité des patients ?

Dans un souci de précision de l'analyse, nous avons choisi de nous centrer sur l'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale intégré à un nouvel accélérateur linéaire de particules, par les manipulateurs d'électroradiologie médicale (MERM)¹ lors de la séance de délivrance du traitement au patient.

¹ Dans la suite du rapport, nous parlerons plus succinctement de « manipulateur ».

Ce choix est fondé par plusieurs raisons :

- D'abord, ce nouveau système d'imagerie médicale (SIM) présente des caractéristiques techniques qui diffèrent de manière importante avec les SIM utilisés dans le service jusqu'alors. Nous avons donc fait l'hypothèse que l'activité de contrôle du positionnement du patient par imagerie médicale allait être particulièrement impactée par ce changement ;
- Ensuite, cette activité de contrôle du positionnement du patient constitue, dans notre contexte², une disposition de prévention des risques où la dimension technique est importante. Cette activité de prévention intervient au niveau de la dernière étape du processus de radiothérapie. Cette centration sur l'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) par les manipulateurs nous permet ainsi d'étudier comment une activité qui contribue à la prévention des risques – le contrôle du positionnement du patient – évolue lors du déploiement d'une nouvelle technologie qui diffère largement de la précédente, exigeant l'acquisition de nouvelles connaissances.

Pour mener cette étude, des données ont été recueillies entre 2014 et 2017, au sein d'un Centre de Lutte Contre le Cancer avant, pendant et jusqu'à quatre mois après le déploiement d'un nouvel accélérateur linéaire de particules équipé d'un nouveau SIM. Ainsi, ces données reflètent l'expérience et l'organisation de ce centre de radiothérapie au moment du recueil.

L'analyse de ces données a été menée de manière à produire des connaissances générales sur l'appropriation d'une nouvelle technique mobilisée dans la réalisation d'une activité de prévention des risques. La généralisation à d'autres centres de radiothérapie exige toutefois de prendre des précautions liées aux techniques utilisées (types de machine de traitement, systèmes de *Record & Verify*, système d'imagerie), aux organisations du travail en place (processus de production, ordre et agencement des parties, types d'interface, répartition des rôles et responsabilités, flux et transformations...), aux dispositions techniques, humaines et organisationnelles mobilisées pour sécuriser le processus de soin, etc. Dans ce cadre, nous tenons particulièrement à remercier Aurélie Isambert et Magali Edouard, de l'Unité d'Expertise Médicale de l'IRSN, pour leur relecture attentive de ce rapport, notamment en ce qui concerne les dimensions techniques relatives à la radiothérapie.

Le rapport est organisé de la manière suivante :

- Après une partie introductive présentant le contexte de l'étude (chapitre 1), le chapitre 2 présente de manière générale la radiothérapie et le processus de traitement qui lui est associé, ainsi que la problématique de recherche relative à l'appropriation des technologies ;
- Le chapitre 3 présente l'approche instrumentale (Bationo-Tillon & Rabardel, 2015 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995) qui constitue l'ancrage théorique de ce travail de recherche en ergonomie ;
- Le chapitre 4 présente l'analyse des trois instruments que les manipulateurs ont développés pour contrôler le positionnement du patient à l'aide du système d'imagerie médicale (SIM). Il s'agit d'une vue globale et arrêtée à un instant t de ces instruments³, base nécessaire pour comprendre ensuite le processus de développement qui les a menés à cet état à cet instant ;
- Le chapitre 5 présente l'analyse rétrospective du processus de développement des instruments de contrôle du positionnement du patient par imagerie. Le processus

² L'utilisation de l'imagerie dans les salles de traitement en radiothérapie permet de vérifier et prendre en compte le positionnement du patient ou de la tumeur au cours du traitement. Dans un premier temps l'imagerie a permis de sécuriser le positionnement du patient et donc de délivrer la dose au « bon endroit » sans pour autant faire évoluer les traitements. Dans le contexte de l'étude présentée dans ce rapport, l'imagerie constitue une barrière de prévention. Pour autant, aujourd'hui, la précision du positionnement obtenue grâce à l'imagerie permet de mieux conformer la dose au volume cible tout en épargnant davantage les tissus sains. L'imagerie permet l'évolution des techniques d'irradiation qui s'avèrent toujours plus précises et complexes.

³ Cet « arrêt sur image » des instruments est réalisé quatre mois et demi après l'introduction du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) dans le service.

d'appropriation du nouveau SIM y est caractérisé comme une période de déstabilisation puis de restabilisation progressive des instruments, aux niveaux individuels et collectifs ;

- Le chapitre 6 établit un lien entre ce processus d'appropriation et la sécurité des patients. Il montre en effet que la période de déstabilisation caractérisant le processus d'appropriation correspond à une fragilisation potentielle d'une activité contribuant à la sécurisation du soin – le contrôle du positionnement du patient-, et propose des critères d'évaluation des risques de fragilisation de celle-ci dans un contexte de changement technique.

2. L'APPROPRIATION DES TECHNOLOGIES EN RADIOTHÉRAPIE EXTERNE : UN ENJEU POUR LA SÉCURITÉ DES PATIENTS

Ce chapitre présente d'abord de manière générale les différentes étapes constitutives du processus qui mène à la délivrance du traitement au patient. Ensuite, nous détaillons la problématique relative à l'appropriation des technologies en radiothérapie externe. Plus précisément, la problématique porte sur l'investigation des effets de l'introduction d'une nouvelle technologie sur une activité participant à la prévention des risques associés au positionnement du patient, en l'occurrence le contrôle du positionnement du patient par l'intermédiaire du système d'imagerie médicale.

2.1. La radiothérapie : un processus en plusieurs étapes, qui engage différents professionnels

2.1.1. Présentation du service⁴

La recherche s'est déroulée au sein d'un service de radiothérapie qui fait partie de la Fédération Nationale des Centres de Lutte Contre le Cancer (UNICANCER). Ce service traitait entre cinq à six mille patients par an entre 2014 et 2017, majoritairement pour des cancers du sein, des cancers de la prostate ou de la sphère ORL (oto-rhino-laryngologie). L'équipe soignante était composée à cette période de médecins (7 oncologues-radiothérapeutes), d'une équipe de physique (5 physiciens médicaux, 3 dosimétristes) ainsi que d'une équipe paramédicale (25 manipulateurs d'électroradiologie).

Ce service bénéficiait d'un plateau technique composé d'un scanner et de trois accélérateurs de particules, avec des techniques de traitement différentes, et des anciennetés variables. Lors de notre recherche, ce service était en train de remplacer un accélérateur conventionnel vieillissant par un nouvel accélérateur avec une technique d'arcthérapie volumétrique par modulation d'intensité (ou VMAT⁵), qui permet une meilleure conformation du traitement au volume tumoral qu'avec la radiothérapie conventionnelle.

Au sein du service, les oncologues-radiothérapeutes, les physiciens médicaux, les dosimétristes et les manipulateurs apportent chacun leur contribution dans le cadre d'un processus⁶ comportant différentes phases (voir figure 1) qui sont présentées dans la suite de ce paragraphe.

⁴ Pour rappel, le recueil de données de cette recherche a eu lieu entre 2014 et 2017. Les caractéristiques du service ont évolué depuis.

⁵ VMAT : *Volumetric Modulated Arc Therapy*

⁶ Dans la suite de ce rapport, nous avons fait le choix de nommer ce processus « processus de radiothérapie ».

	Prescription du traitement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Date du début du traitement ▪ Volumes cibles ▪ Dose totale à délivrer ▪ Dose à ne pas dépasser au niveau des organes à risque ▪ Étalement des séances ▪ Position du patient ▪ Fractionnement de la dose 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oncologue radiothérapeute
	Préparation du traitement <i>1 à 2 semaines</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acquisition des données anatomiques au scanner ▪ Préparation des images de planification ▪ Délimitation des volumes cibles tumoraux à irradier ▪ Conception de la dosimétrie ▪ Évaluation et validation de la dosimétrie ▪ Contrôle de la dosimétrie sur l'appareil de traitement spécifique ▪ Appropriation du dossier ▪ Séance test (ou à blanc) sans irradiation – images de contrôle du positionnement ▪ Évaluation et validation de l'image de contrôle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oncologue radiothérapeute ▪ Manipulateur d'électroradiologie médicale ▪ Dosimétriste ▪ Physicien médical
	Délivrance du Traitement <i>1 jour à 7 semaines</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positionnement à l'identique du patient par rapport au scanner ▪ Irradiation de la tumeur <p><i>1 à 30 séances par patient</i> <i>15 mins à 1 heure par séance selon technique d'irradiation</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manipulateur d'électroradiologie médicale ▪ Oncologue radiothérapeute

Figure 1 – Les différentes étapes du processus de radiothérapie & les professionnels impliqués

2.1.2. La prescription médicale

La réalisation d'un traitement par radiothérapie externe nécessite une prescription médicale. L'oncologue-radiothérapeute la rédige à partir de l'ensemble des documents antérieurs récupérés par l'équipe concernant le patient et la tumeur (courrier du médecin correspondant, imageries de la localisation de la tumeur, consultation médicale etc.). Il prescrit la date de début de traitement, les volumes cibles, la dose totale à délivrer, l'étalement des séances de traitement et la dose par séance, la dose à ne pas dépasser au niveau des organes à risque et la position du patient durant le traitement. Il détermine également la technique à utiliser pour irradier le patient.

2.1.3. La préparation du traitement

La préparation du traitement débute avec l'acquisition des données anatomiques du patient au scanner⁷ parfois complétée par des images IRM ou TEP. Cette imagerie permettra aux oncologues-radiothérapeutes de réaliser le contourage des organes cibles et sains, et aux manipulateurs sur le poste de traitement de reproduire le positionnement du patient défini dans la prescription. Pour maintenir le patient dans la bonne position lors de l'étape ultérieure de délivrance du traitement, les manipulateurs utilisent des contentions. Pour reproduire le positionnement du patient à chaque séance, les manipulateurs marquent également des points de tatouage indélébiles sur le corps des patients. Les données relatives à la reproduction du positionnement sont enregistrées dans le dossier électronique du patient et inscrites sur la feuille de traitement du patient qui sera transmise aux manipulateurs sur le poste de traitement.

⁷ Cette étape de préparation fait actuellement l'objet d'une thèse en ergonomie au sein de l'IRSN. Un des premiers résultats montre que le début et la fin de cette étape de préparation ne sont pas définis de manière identique par les différents professionnels.

La préparation du traitement se poursuit par la **définition des volumes à traiter**. Le dosimétriste ou le physicien médical prépare les images sur le logiciel de planification à partir des données anatomiques relatives au patient : il délimite les contours externes et les contours des organes sains à proximité etc. L'oncologue-radiothérapeute poursuit la délimitation des volumes, qui consiste à contourner, sur les images, les volumes cibles tumoraux à irradier⁸. A partir de ces éléments, le dosimétriste ou le physicien médical met en œuvre les **études dosimétriques** : ils déterminent les faisceaux, choisissent les caches etc. Il s'agit de concevoir un traitement optimal, c'est-à-dire un traitement qui répond au mieux à la prescription médicale pour concentrer la dose prescrite sur les volumes cibles tumoraux et éviter le mieux possible les tissus sains environnants.

La **solution de traitement est ensuite évaluée** systématiquement à la fois par l'oncologue-radiothérapeute et le physicien médical. Après consensus sur la solution de traitement, le plan de traitement doit être impérativement validé et signé par le radiothérapeute et le physicien médical. Il est ensuite contrôlé par un deuxième physicien médical, différent de celui qui a proposé le plan de traitement. Le temps de traitement et la complexité des contrôles réalisés par le physicien médical varient en fonction de la technique d'irradiation utilisée. Le plan de traitement est ensuite envoyé vers un logiciel qui est connecté à l'accélérateur, permettant aux manipulateurs de délivrer la dose selon les paramètres enregistrés.

Enfin, une étape de préparation est également nécessaire au poste d'irradiation. Dans le centre concerné par ce travail par exemple, les manipulateurs inscrivent les informations relatives au plan de traitement sur la feuille de traitement du patient (répartition des séances, Unités Moniteurs pour chaque séance, position du patient, nombre et forme des champs de traitement etc.). Ils contrôlent également la répartition de la dose totale par rapport au nombre de séances prévues et prennent connaissance des caractéristiques du patient (âge, pathologie, localisation de la tumeur, antécédents etc.). La première séance de traitement est une séance de « mise en place du patient » (MEP), c'est-à-dire que le patient est positionné sur la table de traitement, et le traitement est simulé sans que le patient soit irradié. Les manipulateurs s'assurent ainsi que le positionnement prévu lors de la simulation est bien reproductible sur l'appareil de traitement. Ils vérifient que le plan de traitement prévu est effectivement réalisable (positions de table adaptées, bras de l'appareil ne risquant pas de toucher la table, positions du patient à maintenir etc.) et ils réalisent les premières images du positionnement du patient sur l'appareil de traitement, qui sont alors transférées au radiothérapeute pour validation⁹.

2.1.4. La délivrance du traitement¹⁰

La délivrance du traitement est effectuée sur le poste de traitement par les manipulateurs d'électroradiologie médicale (MERM). Selon la réglementation¹¹, un binôme de manipulateurs doit être présent en même temps pendant l'application du traitement aux patients. Ce travail en binôme vise un partage des tâches et permet dans certains cas, un contrôle mutuel des actions.

La durée totale d'une séance de traitement, à part la séance de mise en place (MEP) qui est deux fois plus longue, est d'environ 15 minutes. Cette durée peut toutefois varier en fonction des contraintes rencontrées au cours de l'activité (problèmes informatiques, images de contrôles qui ne sont pas

⁸ Ce partage du contournage peut être observé dans certains cas mais le contournage des organes à risque relève uniquement de la responsabilité des oncologues-radiothérapeutes.

⁹ Quelques fois, cette validation intervient lors de la séance de mise en place, permettant le lancement du traitement le jour-même.

¹⁰ Cette étape a fait l'objet de nos analyses. C'est la raison pour laquelle elle est davantage décrite que les précédentes.

¹¹ Le critère INCA n°5 mentionne que « Le traitement de chaque patient est réalisé par deux manipulateurs au poste de traitement » (https://www.e-cancer.fr/content/download/58314/531708/file/criteres_radiotherapie_160608.pdf)

lisibles, appels téléphoniques qui interrompent l'activité, etc.) et de la complexité du traitement (positionnement difficile, nombre important de champs de traitement à délivrer etc.).

La délivrance du traitement est composée de différentes phases, qui sont décrites ci-après.

La préparation de la séance de traitement est réalisée aussi bien en salle de traitement qu'au poste de contrôle.

En salle de traitement, un manipulateur prépare le matériel dont il aura besoin pour positionner et accueillir le patient. En fonction des localisations, le manipulateur peut être amené à aller chercher une contention, un coussin, un porte cache (pour les traitements par électrons), etc.

En salle de contrôle, un manipulateur contrôle l'identité du patient pour sélectionner le dossier électronique qui lui correspond. La sélection du dossier du bon patient doit faire l'objet d'une attention particulière car le risque d'ouvrir le dossier électronique d'un autre patient existe. Dès lors, l'ensemble des champs de traitement programmés pour la séance est visible par le manipulateur. De manière générale, le premier champ de traitement qui apparaît en haut de la liste sur le logiciel de traitement est sélectionné. Les manipulateurs interagissent souvent lors de cette phase pour vérifier l'identité du patient et le champ de traitement qui a été sélectionné sur le logiciel car les paramètres associés doivent être appliqués en salle de traitement (notamment, l'angulation du bras et la position de la table).

Lors de l'accueil, l'écoute et l'observation clinique du patient permettent aux manipulateurs de détecter des erreurs (mauvais patient, mauvaise localisation, etc.), des effets non attendus de l'irradiation et d'anticiper un comportement « risqué » durant l'irradiation (par exemple, anticiper le fait que le patient bouge car il a mal).

Le positionnement du patient est reproduit à chaque séance à l'identique de celui réalisé lors de la simulation pour respecter le plan de traitement (positions de la table, du patient sur la table, du bras de l'accélérateur, formes des faisceaux etc.). Généralement, un des deux manipulateurs positionne le patient en salle de traitement. Pour cela, il utilise des repères (points de tatouages, lasers, graduation de la table, dessins des champs de traitement sur le corps du patient etc.) et des outils (contentions, coussins, cale pieds, plan incliné etc.) qui varient en fonction des patients et des plans de traitement décidés par le médecin.

Une fois que le patient est positionné, le manipulateur lui demande généralement de ne plus bouger et déplace le bras de l'accélérateur à une angulation précise qui est notée sur la feuille de traitement, correspondant aux paramètres du champ de traitement sélectionné par l'autre manipulateur. Avant de sortir de la salle d'irradiation, le manipulateur contrôle le bon positionnement du patient avec différents outils¹².

Parallèlement, le manipulateur au pupitre sélectionne le type d'images à réaliser si des images de contrôle sont programmées.

Le contrôle du positionnement se fait également par imagerie à l'aide d'un système d'imagerie médicale (SIM) intégré à l'appareil de traitement. Il s'agit, pour les manipulateurs, de comparer les images de référence pour le positionnement prises à partir de l'étape de la simulation (DRR)¹³ avec les images de contrôle prises le jour-même, afin de s'assurer de leur correspondance. Concrètement, cela consiste, pour les manipulateurs, à rechercher les écarts de positionnement des structures anatomiques (essentiellement, des structures osseuses pour les techniques étudiées) existants entre les images de référence du positionnement prises au scanner et les images prises le jour J. En fonction des écarts détectés, ils sont amenés à déplacer la table de traitement sur laquelle est allongé le patient.

¹² Il s'agit de la mesure de la distance source (irradiante) peau, de la hauteur de table avec une règle graduée, d'un télémètre (essentiellement dans les cancers du sein) ou encore de la projection lumineuse du faisceau sur le corps du patient.

¹³ Plus précisément, les DRR sont générées à partir des images prises au scanner. Il s'agit d'images de synthèse reconstruites.

Avant de lancer le traitement, le manipulateur présent au pupitre vérifie auprès du manipulateur ayant positionné le patient et le bras de l'accélérateur, la cohérence des données de mise en place, avec les paramètres programmés (champ de traitement et nombre d'unités moniteurs). Le manipulateur appuie ensuite sur un bouton afin de démarrer le traitement. Pendant le traitement, il contrôle différents éléments pour s'assurer de la bonne délivrance de celui-ci : il s'assure que les lames bougent sur l'écran, il vérifie la progression du traitement (Unités Moniteurs), l'enchaînement des faisceaux, la survenue d'un potentiel message d'erreur, etc.

Lorsque le traitement est terminé, un des deux manipulateurs entre en salle et informe le patient que le traitement est fini. Il profite souvent de ce moment pour échanger avec le patient, notamment lui donner des informations sur le prochain rendez-vous avec le médecin ou d'autres praticiens, l'heure de la séance du lendemain, etc. Le manipulateur désinstalle le patient de la table de traitement et le reconduit en cabine. Le manipulateur au poste de contrôle enregistre la séance, ferme le dossier du patient et ouvre le dossier du patient suivant.

2.2. L'appropriation des nouveaux équipements, un enjeu pour la sécurité des patients

2.2.1. Un rythme soutenu de renouvellement des équipements de radiothérapie

Dans le domaine de la radiothérapie, les évolutions technologiques sont constantes depuis une vingtaine d'années. Les progrès liés au développement de l'informatique et de l'imagerie ont permis la mise au point de nouvelles techniques pour accroître la précision des traitements et augmenter la productivité (Giraud, 2008). Les traitements sont plus efficaces notamment grâce à l'imagerie médicale permettant un positionnement des patients plus précis et reproductible lors de la délivrance des traitements. La robotisation permet également de réaliser des traitements plus précis et adaptés aux formes des tumeurs. Les tumeurs sont ainsi mieux ciblées avec de plus fortes doses de rayonnements et les tissus environnants sont mieux épargnés. Ces innovations apportent indiscutablement des bénéfices pour la santé des patients, réduisant notamment des effets secondaires et certaines récurrences de cancers.

Par ailleurs, le monde de la radiothérapie est confronté à un renouvellement important de ses dispositifs médicaux. Par exemple, sur la période allant de 2012 à 2017, leur nombre a constamment augmenté (+14%), en ayant pour conséquence « *une disparition progressive des centres ne possédant qu'une seule machine* »¹⁴.

Cette dynamique de renouvellements technologiques peut se faire, soit :

- par l'intégration d'outils de traitement toujours plus sophistiqués et précis dans les structures existantes : ce sont des événements ponctuels, tel que l'introduction d'un nouvel appareil de traitement ;
- par le renouvellement continu des dispositifs : ce sont des événements récurrents, comme l'évolution des versions des logiciels de traitement (Giraud, 2008).

Ainsi, au sein d'un même service, peuvent coexister différents appareils de traitement (des accélérateurs polyvalents ou dédiés au traitement de localisations particulières), de générations différentes et conçus par des concepteurs différents. Un rapport de l'IRSN (2011, p. 78) a d'ailleurs montré que cette coexistence d'équipements de technologies différentes pouvait être considérée comme un risque pour la sécurité des patients.

¹⁴ <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/Les-traitements/Radiotherapie/Chiffres-cles-de-la-radiotherapie>

La Société Française de Radiothérapie Oncologique a alerté sur le fait que le rythme soutenu de renouvellement des équipements est plus rapide que la diffusion des recommandations quant aux contrôles qualité de ces dispositifs et l'entrée en vigueur d'une réglementation relative à leur contrôle (Chauvet et al, 2013). Ce décalage conduit les soignants, notamment les médecins médicaux, lors de la mise en service des innovations technologiques dans les services à compenser ces lacunes en élaborant eux-mêmes des protocoles qu'ils jugent les mieux adaptés et susceptibles d'assurer un maximum de sécurité (Faye, 2018). Dans ce contexte, les accidents de Toulouse et d'Epinal, relayés par les médias, ont rappelé que l'introduction d'une innovation technologique dans les services est un moment particulièrement sensible pour la sécurité des soins.

2.2.2. Les pratiques et les compétences des professionnels au centre du changement d'équipement

Le rythme soutenu de renouvellement des technologies et leur diversification nécessitent un développement continu des compétences des soignants et une capacité à s'adapter à ces changements. A cet égard, l'IRSN a constaté que ce rythme soutenu de renouvellement peut être à l'origine de difficultés de maîtrise des équipements par les professionnels (IRSN, 2011). Ce constat va dans le sens de travaux en ergonomie, médecine et sociologie qui tirent la sonnette d'alarme quant à l'impact potentiel des changements technologiques sur la sécurité des patients (Cosset, 2008 ; Djellal & al, 2004 ; Rosenwald, 2002).

Pour l'IRSN, la maîtrise de ce risque suppose de consacrer une attention suffisante à l'appropriation des évolutions (2011, p. 78). L'appropriation de ces technologies par les professionnels constitue en effet une question importante au regard des enjeux de sécurité des patients. Si cette dynamique de développement technologique constitue une opportunité pour la précision des traitements, elle introduit des modifications au niveau des pratiques de travail des professionnels (Carminati, Cuvelier, Faye, & Decortis, 2013) qui peuvent faire émerger des risques relatifs à la sécurité des patients. La capacité des professionnels à passer d'une technologie à une autre constitue ainsi une dimension critique pour la sécurité et la viabilité du système (Giraud, 2008 ; Nyssen, 2004).

Dans un rapport de 2008 (p. 28), l'IRSN a établi plus précisément ce lien entre appropriation des technologies et sécurité des patients. Le rapport fait état de difficultés rencontrées par les professionnels dans l'appropriation des nouvelles fonctionnalités des équipements et logiciels, en soulignant le risque que cela peut constituer pour la sécurité des patients. Une personne rencontrée par l'IRSN dans le cadre de la préparation de ce rapport indiquait par exemple que « *la complexité croissante des logiciels génère des erreurs dans les plans de traitement durant les premiers mois de leur utilisation* ». L'IRSN a également constaté que des pratiques anciennes persistent, s'avérant inadaptées aux nouvelles technologies et qui peuvent générer des actions indésirables. Un autre constat de l'IRSN concernait le fait que les utilisateurs et établissements de soins sous-estimaient l'impact de l'introduction de technologies nouvelles dans un service, en sous-estimant « *le temps et l'investissement personnel qui sont nécessaires pour prendre en main les logiciels et pour en maîtriser les caractéristiques* » (p. 28). Cette sous-estimation de l'ampleur des transformations engendrées par l'introduction de technologies nouvelles se constatait également dans l'insuffisance des formations à l'utilisation de ces nouveaux dispositifs, réalisées sous forte contrainte en raison de manque de disponibilité de personnel.

Notre étude part de ces constats et propose d'analyser le processus d'appropriation des technologies en radiothérapie et son impact sur la sécurité des patients. Il s'agit plus précisément de mieux appréhender le lien qui existe entre les transformations de pratiques liées à l'introduction d'une nouvelle technologie et l'émergence de risques relatifs à la sécurité des patients.

2.2.3. La sécurisation des traitements à l'épreuve du changement d'équipement

2.2.3.1. Quatre conditions d'un traitement sûr et efficace

En radiothérapie, quatre dimensions définissent les conditions de la maîtrise des risques. Il s'agit de délivrer le traitement :

- « **au bon patient** » : selon les services de radiothérapie, la vérification de l'identité est effectuée en demandant au patient son nom et son prénom, en vérifiant son identité à partir d'une photographie, de son empreinte digitale, de sa carte d'identité etc. Il s'agit de l'« identité-vigilance ». Sans cela, les erreurs d'identification pourraient entraîner l'administration d'un traitement au mauvais patient ;
- « **au bon endroit** » : les professionnels de la radiothérapie doivent s'assurer que le volume cible est irradié selon la prescription médicale, en épargnant au mieux les tissus sains. Le risque d'irradier le mauvais site anatomique (par exemple, irradier le sein droit au lieu du sein gauche) ou celui de sur-irradier les zones saines autour de la tumeur doit être évité. Les actions des manipulateurs visant la reproductibilité du positionnement du patient à chaque séance et l'immobilité du patient sur la table de traitement au cours de la séance participent à délivrer le traitement au bon endroit ;
- « **à la bonne dose** » : une sous-irradiation des organes cibles (tumeurs) ne détruirait pas efficacement des cellules et une sur-irradiation des zones saines pourrait avoir des effets nocifs pour le patient (brûlures, perforations etc.) ;
- « **au bon moment** » : les manipulateurs doivent délivrer le traitement selon l'étalement prévu des séances, c'est-à-dire aux dates prévues dans le dossier de traitement. Sans cela, le risque serait de réduire l'efficacité du traitement ou d'être à l'origine d'un surdosage.

Pour permettre la réalisation d'un traitement sûr et efficace selon ces quatre dimensions, des « activités de sécurisation des soins » ont été intégrées au processus de radiothérapie. Certaines peuvent notamment prendre la forme de contrôles : de l'identité, du positionnement, etc. Nous avons choisi de centrer notre travail sur l'une de ces activités de contrôle, afin de voir dans quelle mesure les évolutions de pratiques et de compétences qui suivent l'introduction d'un nouvel équipement impactent ces activités de sécurisation des traitements. Nous avons choisi de nous centrer sur **l'activité de contrôle du positionnement du patient**.

2.2.4. L'étude du processus d'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale

Afin de pouvoir être précis dans l'analyse, nous avons choisi de centrer notre recherche sur l'appropriation, non pas de l'appareil de traitement dans son ensemble, mais du système d'imagerie médicale (SIM) intégré au nouvel appareil de traitement (système d'imagerie kilovoltage kV). Notre travail se centre donc sur l'activité de contrôle du positionnement du patient à l'aide de l'imagerie médicale.

Deux raisons fondent ce choix.

Premièrement, l'activité qui consiste à vérifier le positionnement par imagerie n'est pas nouvelle dans le service mais le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) propose des caractéristiques techniques qui diffèrent de façon importante avec les SIM en service jusqu'alors. Entre autres transformations, nous pouvons notamment citer le fait que :

- le contrôle du positionnement avec le système d'imagerie médicale prend une place plus importante dans l'activité des manipulateurs, la fréquence de vérification du positionnement des patients devenant quotidienne alors qu'elle était auparavant hebdomadaire ;

- le nouveau système d'imagerie médicale entraîne une distanciation plus importante avec le patient. L'ajustement du positionnement de la table de traitement suite à la détection des écarts de positionnement sur les images de contrôle se fait en effet de manière automatisée depuis la console alors que les manipulateurs avaient l'habitude de repositionner la table de traitement manuellement, au plus près du patient ;
- certaines tâches qui incombait aux manipulateurs dans le cadre du contrôle du positionnement avec le système d'imagerie médicale ont été transférées à la machine. C'est le cas notamment pour le calcul des décalages de positionnement des repères anatomiques entre les images. Ces décalages sont dorénavant automatiquement indiqués aux manipulateurs par le système informatique. Ils n'ont plus à les calculer.
- Les caractéristiques techniques du nouveau système d'imagerie médicale sont à l'origine d'images de meilleure qualité permettant une visualisation plus précise des structures osseuses et une recherche des écarts affinée.

Nous faisons donc l'hypothèse que l'activité de contrôle de positionnement par imagerie va être impactée par ces caractéristiques techniques.

Deuxièmement, le contrôle du positionnement est une activité où les dimensions humaines (l'activité de contrôle du positionnement) et techniques (le système d'imagerie médicale) sont en forte interaction (Fig. 2).

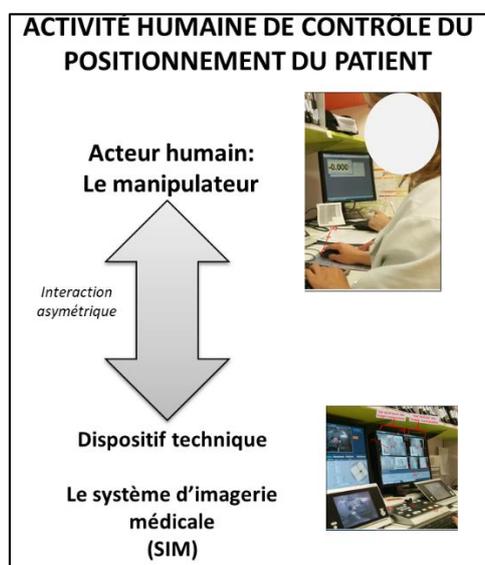


Figure 2 – Une activité de contrôle réalisée par un acteur humain en interaction avec un dispositif technique

Ce choix est ainsi une façon d'appréhender les questions de l'appropriation des innovations techniques et de la sécurité du patient dans un même mouvement, à partir d'une compréhension de l'activité humaine. Il s'agit d'examiner les effets de la transformation du dispositif technique sur l'activité humaine de contrôle du positionnement du patient, contrôle qui intervient dans la prévention du risque de délivrer le traitement au mauvais endroit.

2.3. Conclusion

Ce chapitre a été l'occasion de présenter notre objet de recherche, à savoir le processus d'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) par les manipulateurs dans le cadre de leur activité de contrôle du positionnement du patient.

Pour analyser ce processus, nous avons fait le choix de mobiliser l'approche instrumentale (Bationo-Tillon & Rabardel, 2015 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995) développée en ergonomie, qui propose une conceptualisation du rapport que les Hommes entretiennent avec les technologies. Nous présentons cette approche, ses concepts, ainsi que notre méthodologie de recueil et d'analyse des données dans le chapitre suivant.

3. L'APPROPRIATION DU NOUVEAU SYSTEME D'IMAGERIE MEDICALE : UNE GENESE INSTRUMENTALE

Nous présentons maintenant l'ancrage théorique et méthodologique de cette recherche. Nous commençons par présenter le concept de genèse instrumentale (Rabardel, 1995) que nous avons mobilisé pour saisir l'appropriation selon une approche diachronique — ainsi que le recueil de données construit pour cela. Nous présentons ensuite notre méthodologie d'analyse de ces données, qui est constituée de quatre étapes et qui permet progressivement de passer de la modélisation statique d'un instrument à l'instant t à une modélisation dynamique d'une « *trajectoire d'appropriation* ».

3.1. Une approche diachronique

3.1.1. L'appropriation, un phénomène qui se saisit dans le temps

L'appropriation est une notion qui a été largement étudiée dans plusieurs disciplines, notamment en sociologie, en psychologie, en sciences de gestion, en didactique etc. Elle renvoie au sens de « faire sien ». Plus précisément, au sens commun du terme « *le mot "appropriation" a une double acception. D'une part, il désigne l'action d'adapter un objet à un usage déterminé, de le rendre propre à assumer une fonction donnée : on dit qu'un outil est approprié pour réaliser une tâche donnée. D'autre part, l'appropriation désigne aussi communément l'action de s'approprier ou de s'attribuer une chose, d'en faire sa propriété. La notion peut alors s'apparenter à un "processus qui consiste à faire sien quelque chose qui appartient à autrui"* » (Cuvelier, 2014, p. 138).

En ergonomie, le concept connaît un regain d'intérêt depuis quelques années (Béguin, 2007 ; Haué, 2003 ; Folcher & Sander, 2005 ; Caroly, Moisan, Juret, Brinon, Guillo-Bailly & Roquelaure, 2009 ; Gronier et Sagot, 2009 ; Theureau, 2011 ; Cuvelier, 2014). Il y est de plus en plus abordé selon une perspective développementale, c'est-à-dire que les personnes en interaction avec les objets ne sont pas simplement considérées « ici et maintenant » mais, au travers de leur histoire et de leur parcours professionnel (Falzon, 2013, p.3). Cette approche développementale de l'utilisation des outils manifeste l'intention de dépasser les limites des analyses uniquement focalisées sur l'utilisabilité des technologies à un moment donné. Cela implique d'analyser l'activité sur une longue période et d'être capable d'appréhender l'évolution des interactions entre les personnes et les outils et leur environnement. Pour l'ergonomie, ainsi que pour d'autres disciplines s'intéressant à l'activité humaine comme la formation des adultes (Poizat et Goudeaux, 2014), l'un des défis consiste alors à répondre aux évolutions méthodologiques et théoriques que le concept d'appropriation implique. Poizat & Goudeaux (ibid) précisent en effet qu' « *il n'existe pas à l'heure actuelle de cadres systématiques d'étude des processus d'appropriation qu'il suffirait d'appliquer étape par étape, et qui fourniraient les outils notionnels et méthodologiques nécessaires, [...]. Pour l'heure, il convient de développer des méthodes permettant de documenter l'activité sur des périodes longues et discontinues. C'est par ces méthodes qu'il deviendra possible de renseigner les processus d'appropriation/individuation qui restent à ce jour difficilement documentables* » (p. 31).

Nous inscrivant dans cette approche développementale du processus d'appropriation, et à l'instar de Béguin (2007), nous considérons que « *pour qu'une nouveauté technique fonctionne dans un site d'accueil, elle doit trouver des points d'ancrage dans un milieu culturel, cognitif ou social qui lui pré-existe, et qui peut être remis en mouvement par l'objet technique* » (p. 371). En ergonomie l'approche instrumentale (Bationo-Tillon & Rabardel, 2015 ; Folcher & Rabardel, 2004 ; Rabardel, 1995) permet d'ancrer la nouveauté technique dans cette dynamique historique qui lui pré-existe, et qu'elle contribue à transformer. C'est la raison pour laquelle, pour répondre au défi de l'approche développementale de l'appropriation, nous avons choisi de mobiliser l'approche instrumentale au travers de son concept de « genèse instrumentale », qui permet d'ancrer le nouveau dispositif dans

une histoire qui lui pré-existe, de comprendre son appropriation au prisme de cette histoire et d'appréhender comment cette nouveauté transforme l'activité actuelle et à venir.

3.1.2. L'appropriation au prisme de la genèse instrumentale

3.1.2.1. Présentation générale de l'approche instrumentale

L'approche instrumentale est une approche qui a été développée en ergonomie (Rabardel, 1995). En s'inspirant conjointement des théories de l'activité (Vygotsky, 1934 ; Leontiev, 1978) et du constructivisme piagétien (Piaget, 1936), l'approche instrumentale correspond à une **conceptualisation du rapport que les Hommes entretiennent avec les technologies**. Plus précisément, cette approche considère que ce sont les personnes qui donnent un sens aux dispositifs techniques, en les transformant en instruments au service de leur activité. L'approche instrumentale met ainsi l'accent sur **l'asymétrie de la relation entre les Hommes et les systèmes techniques**, qui ne sont pas des systèmes cognitifs en interaction. Cette considération de la nature asymétrique de la relation entre les Hommes et les systèmes techniques est à l'origine du fait que la technique est regardée depuis l'activité et le point de vue des acteurs. En ce sens, l'approche instrumentale cherche à « appréhender la réalité depuis le point de vue du sujet, et à comprendre les mécanismes d'engendrement de l'activité depuis cette base » (Rabardel & Béguin, 2005, p. 431, notre traduction). Elle développe ainsi une approche intrinsèque de l'activité humaine.

L'instrument y est considéré comme une **entité mixte**, qui combine des dimensions liées aux dispositifs techniques – *les artefacts* –, et des dimensions liées aux personnes – *les schèmes*-. Plus précisément, dans l'approche instrumentale, l'instrument est constitué d'intériorité et d'extériorité puisqu'il relève à la fois du sujet par l'intermédiaire des schèmes, et de l'artefact :

- **L'artefact** est défini comme « *une chose susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées* » (Rabardel, 1995 p.49). L'artefact peut-être : un objet matériel (par exemple, une table de traitement, le bouton sur la console qui permet de lancer le traitement) ou un système symbolique (par exemple, les procédures de contrôle, les normes de sécurité, les images de scanner etc.).
- Le **schème d'utilisation** constitue une « *organisation active de l'expérience vécue qui intègre le passé* » (Rabardel, 1995, p. 100). Il est caractérisé par une histoire et constitue un organisateur de l'activité dans le contexte de la situation. Il a des propriétés assimilatrices (la personne peut appliquer les mêmes schèmes à des nouveaux artefacts) et accommodatrices (la personne ne peut pas appliquer les mêmes schèmes à des nouveaux artefacts, et transformera ses schèmes).

Ainsi, les **frontières des instruments ne sont pas celles des artefacts**. Par exemple, l'instrument tel qu'il est défini dans ce travail ne correspond pas à l'appareil de traitement dans son ensemble, ni à telle fonction de l'appareil de traitement.

Par ailleurs, l'instrument est considéré comme étant un **médiateur de l'activité humaine**. La figure ci-dessous (Fig. 3) met en évidence les différentes médiations auxquelles l'instrument participe au sein de l'activité humaine, à savoir :

- des médiations à **l'objet de l'activité**, c'est-à-dire à l'objectif qui est poursuivi par la personne dans le cadre de la réalisation de son activité ;
- des médiations à **soi-même**, appelées *médiations réflexives* ;
- des médiations **aux autres**, appelées *médiations interpersonnelles*.

La médiation à l'objet de l'activité constitue la médiation principale, puisqu'un instrument est au service d'un objet, cet objet de l'activité pouvant être davantage orienté vers soi-même ou vers les autres.

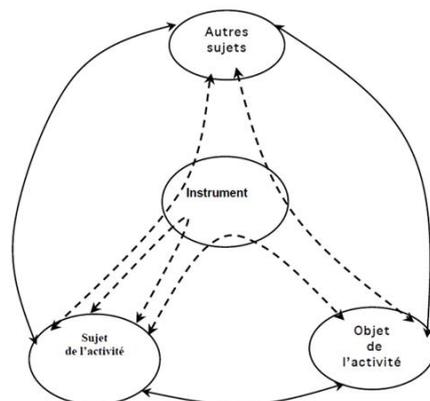


Figure 3 – Le modèle des Situations d'Activités Collectives Instrumentées (SACI)

Enfin, l'approche instrumentale pense l'activité humaine dans **l'articulation entre une dimension productive et une dimension constructive, selon une vision développementale**. La dimension productive de l'activité humaine renvoie à la réalisation immédiate des tâches ici et maintenant, tandis que sa dimension constructive renvoie à l'élaboration des ressources internes et externes (instruments, compétences, schèmes, systèmes d'artefacts ...) qui conditionnent les moyens de l'activité future. Ces deux orientations de l'activité humaine sont dans une relation dialectique, ainsi les questions explorées « *s'attachent d'une part, à comprendre la nature et l'ampleur des transformations des tâches et des activités dans l'usage des artefacts, et d'autre part, à saisir les modalités du développement des individus au travers des processus d'appropriation (développement de ressources pour l'action, développement des compétences)*. » (Folcher et Rabardel, 2004).

3.1.2.2. La genèse instrumentale, une conceptualisation du processus d'appropriation

Les genèses instrumentales sont une manière de conceptualiser le processus d'appropriation au plan des instruments (Béguin, 2005). Le passage du statut d'artefact à celui d'instrument s'accompagne en effet à la fois d'une transformation de l'artefact et d'un développement du sujet. C'est ce processus qui est conceptualisé au travers de la notion de « genèse instrumentale », qui est elle-même constituée de deux processus interdépendants : un processus d'instrumentalisation et un processus d'instrumentation (Rabardel, 1995) :

- Le processus d'instrumentalisation « *concerne l'émergence et l'évolution des composants artefacts de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, catachrèses, attribution de propriétés, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement, etc.), qui prolongent les créations et réalisations d'artefacts dont les limites sont de ce fait difficiles à déterminer* » (Rabardel, 1995 p.137). L'instrumentalisation peut être caractérisée par différents types d'évolution de l'artefact : une transformation matérielle de l'artefact (par exemple, découper une bouteille pour en faire un vase), une transformation des fonctions de l'artefact sans transformation matérielle (par exemple, une clé anglaise d'une boîte à outils est utilisée sans aucune modification pour frapper comme un marteau). L'instrumentalisation peut s'installer momentanément pour une action en particulier ou bien s'établir dans la durée.
- Le processus d'instrumentation concerne « *l'émergence et l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : constitution, fonctionnement, évolution par accommodation, coordination, combinaison, inclusion et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués, etc.* » (Rabardel, 1995 p.137). Pour reprendre l'exemple de l'usage d'une clé anglaise à la place d'un marteau, le schème « frapper » est associé à la clé anglaise car la clé a des propriétés similaires au marteau telles que sa masse, sa dureté destinée à frapper (etc.). Le schème « frapper » s'est enrichi d'un nouvel artefact, la clé anglaise. Dès lors, l'instrumentation est « *un processus de développement des instruments*

qui se joue à un niveau interne à l'opérateur : il résulte d'une construction propre de l'opérateur » (Bourmaud, 2013, p. 165).

3.1.3. Des données recueillies à différents moments

3.1.3.1. Repères temporels concernant le processus d'installation du nouvel appareil de traitement dans le service

Le service remplace un ancien appareil de traitement « Primus » par un appareil de traitement de nouvelle génération « Truebeam ». La Figure 4 ci-après illustre le processus d'installation du nouvel appareil de traitement. Ce nouvel appareil de traitement a été installé par le constructeur en janvier 2014. De février à juin, les médecins ont effectué la réception et la mise en service de l'appareil. La réception consiste à vérifier que l'appareil de traitement est conforme à ce qui a été commandé au constructeur par rapport au cahier des charges (conformité des réglages, performances de l'appareil etc.). La mise en service de l'appareil consiste à configurer le TPS, réaliser les contrôles initiaux de la machine qui conditionnent la programmation et la qualité des traitements. Suite à cela, le lancement effectif des traitements sur les patients a commencé le 02 juillet 2014.

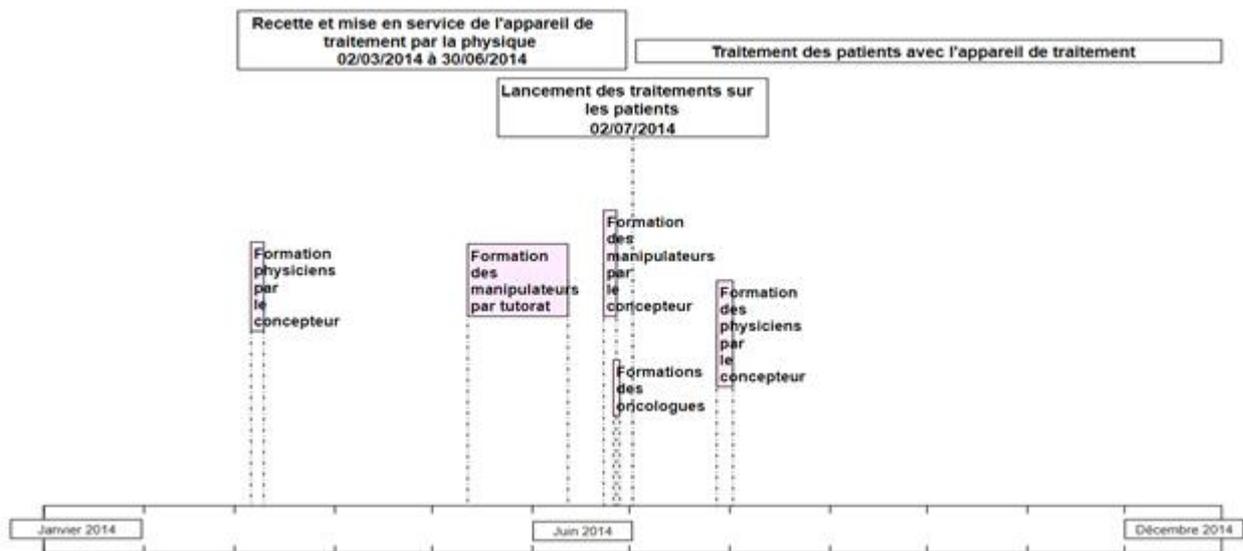


Figure 4 - Repères concernant le processus de mise en service du nouvel appareil de traitement dans le service

Tout au long de cette période, des formations au nouvel appareil ont été proposées au personnel soignant (radiothérapeutes-oncologues, physiciens médicaux, manipulateurs). Ainsi, par exemple :

- de mai à mi-juin 2014, 5 manipulateurs (sur les 25 manipulateurs du service) se sont formés dans un autre service de radiothérapie où le même appareil de traitement était en fonctionnement depuis une année. Cette formation a pris la forme d'un compagnonnage. Chaque manipulateur « en formation » est resté 5 jours consécutifs durant lesquels, il a été intégré à l'équipe des manipulateurs « formateurs » sur le poste de traitement. Cela a permis d'utiliser l'appareil dans des conditions réelles et de délivrer des traitements sur de vrais patients ;
- fin juin 2014, ces manipulateurs ont également été formés par une formatrice envoyée par le constructeur. Cette formation a duré 5 jours et a eu lieu dans leur propre service. La formation était constituée de cas pratiques (sur des objets tests ou « fantômes ») et de renseignements techniques sur le fonctionnement de l'appareil ;
- début mars et fin juillet 2014, les physiciens médicaux qui étaient en charge de la mise en service de l'appareil de traitement ont suivi deux formations de quelques jours délivrées par le constructeur ;

- en juin 2014, deux oncologues-radiothérapeutes du service ont suivi une formation de deux jours sur une technique de traitement qu'ils souhaitaient utiliser avec ce nouvel appareil de traitement (la radiothérapie stéréotaxique).

3.1.3.2. Périodes sélectionnées pour recueillir les données

Nous avons sélectionné trois périodes pour notre recueil de données. Ces trois périodes nous semblaient en effet particulièrement pertinentes pour saisir le processus d'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale. Nous détaillons ces périodes ainsi que leur intérêt pour notre objet d'étude dans le tableau 1 ci-dessous :

Période	Illustration	Détail	Intérêt pour l'étude du processus d'appropriation
Activité existante avant le changement technologique	<p>1^{ère} période</p>	Cette période s'étend de février à mars 2014.	Permet d'établir une activité de référence qui sert de base pour comprendre les transformations de l'activité des manipulateurs au contact du nouveau système d'imagerie médicale (SIM).
Activité lors de la formation par compagnonnage au nouveau système d'imagerie médicale (SIM)	<p>2^{ème} période</p>	Au cours de cette période, les manipulateurs sont accompagnés par des confrères utilisant le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) depuis déjà un an. Elle s'étend de mai à juin 2014.	Permet de documenter le début du processus d'appropriation. La formation par compagnonnage correspond en effet aux premiers moments de rencontre des manipulateurs avec le nouveau système d'imagerie médicale (SIM). Nous faisons l'hypothèse que cela nous permet de repérer les premières interrogations/difficultés rencontrées par les manipulateurs.
Activité transformée avec le nouveau système d'imagerie médicale (SIM)	<p>3^{ème} période</p>	Activité quotidienne des manipulateurs au sein de leur service. Cette période s'étend sur une période de 1 mois et demi à 4 mois après le changement technologique.	Permet de documenter la suite du déroulement du processus d'appropriation, une fois que le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) est utilisé de manière quotidienne dans le propre service des manipulateurs.

Tableau 1 - Présentation des trois périodes de recueil de données

3.2. Une triangulation de méthodes de recueil de données

La triangulation des méthodes est la combinaison de méthodes de recueil de données dans l'étude d'un même phénomène. Nous mobilisons la triangulation des méthodes de recueil de données afin de fournir une richesse qualitative et une meilleure compréhension des situations étudiées, car « *la compréhension du travail ne peut se limiter à l'observation de l'activité* » (Daniellou et Béguin, 2004, p. 346). La triangulation des méthodes (Flick, 1992, Jodelet, 2003) apporte également « *non seulement de la validité mais aussi, et surtout, de la rigueur, de l'ampleur et de la profondeur* » aux études qualitatives (Apostolidis, 2006, p. 213).

Dans notre étude, la triangulation de méthodes proposée est relative à différents objectifs. En effet, pour saisir notre objet d'étude nous avons besoin de développer une approche de l'activité humaine :

- de manière **intrinsèque**, c'est-à-dire telle qu'elle est réellement vécue par les manipulateurs ;
- de manière **diachronique**, c'est-à-dire comme se déroulant dans le temps ;
- dans ses dimensions **instrumentées**, c'est-à-dire de mettre en évidence les instruments développés par les manipulateurs et leurs évolutions/transformations.

Pour cela, nous avons eu recours à différentes méthodes qui ont pu être adaptées en fonction des situations afin de ne pas perturber le bon déroulement de l'activité étudiée, tant pour les professionnels observés que pour les patients.

Nous détaillons ci-après ces différentes méthodes.

3.2.1. Observations situées

En ergonomie, l'observation est la méthode de recueil de données privilégiée pour analyser l'activité.

En phase exploratoire sur notre terrain, nous avons mené des observations « ouvertes » qui avaient pour fonction « *de permettre à l'observateur de voir progressivement émerger les faits et les événements sans a priori* » (Rabardel & al, 1998, p. 77). Elles ont été menées avec un support papier-crayon sur l'ensemble des postes de traitement mais également, lors des phases de préparation du traitement et de prescription du traitement. Parallèlement, nous avons mené des entretiens exploratoires pour conforter ou compléter les observations (cf. paragraphe entretien exploratoire). Ces observations ouvertes couplées aux entretiens nous ont permis d'acquérir une première vue générale sur le travail et d'orienter le choix des méthodes d'observations plus fines.

Pour entrer dans une analyse plus fine de l'activité, nous avons mobilisé dans un premier temps la technique d'observations encadrées. Les observations encadrées se pratiquent avec une grille préalablement déterminée composée de catégories plus ou moins fines dans lesquelles sont notées les observations. Les catégories d'observation peuvent être conçues a priori ou de manière ad hoc en fonction de l'activité qui est étudiée. Elles peuvent porter sur des opérations très élémentaires ou sur des phases plus larges de l'activité. Pour notre étude, nous avons élaboré une grille d'observation comportant les catégories suivantes : personne réalisant le travail, artefacts (outils) mobilisés, objets de l'activité (c'est-à-dire, les objectifs/préoccupations poursuivis par le manipulateur) et interactions avec les autres (c'est-à-dire, les personnes avec lesquelles le manipulateur interagit au cours de son travail). Cette grille comportait également des catégories permettant de resituer contextuellement les autres éléments : l'heure, la phase de la délivrance du traitement (accueil du patient, positionnement du patient etc.), la technique utilisée (arcthérapie, conformationnelle...) ainsi que la localisation (prostates, orl, etc.).

Pour accéder plus spécifiquement aux objets de l'activité, concept qui porte le point de vue intrinsèque adopté, nous avons couplé cette méthode avec la technique de verbalisation concomitante de l'action qui « *consiste à demander à un agent dont on analyse l'activité de commenter à chaud les gestes, les*

actions qu'il exécute et les procédures qu'il utilise, de façon à préciser ce qui est fait, pourquoi cela est fait comme cela, et éventuellement des difficultés rencontrées » (Lancry, 2009, p. 106). Au début des observations, nous donnions comme consigne au manipulateur de verbaliser à haute voix ce qu'il faisait et les buts de son action (par exemple, mettre la tête sur la table pour reproduire le positionnement du patient). Lorsque la situation ne permettait pas à l'acteur de verbaliser (besoin de grande concentration pour vérifier le positionnement, en présence du patient etc.), nous revenions sur les objectifs qu'il poursuivait à ce moment-là ultérieurement.

Nous avons réalisé ces observations encadrées à différents moments au cours de notre étude et aussi, lors de la mise en route des traitements avec le nouvel appareil. Le contexte particulier de mise en service d'un nouvel appareil de traitement, particulièrement délicat pour la sécurité, nous a conduits à adapter notre grille d'observation afin de ne pas gêner l'activité. Nous avons ainsi abandonné la technique de verbalisations concomitantes de l'action. Nous notions à la place les échanges entre les acteurs observés au cours de leur activité et nous relançons, dès que le moment était opportun, les acteurs pour préciser et conforter les observations.

Enfin, nous avons également enregistré (audio et/ou vidéo) – à certains moments - les activités observées afin de faciliter les allers-retours entre les traces de l'activité récoltées et l'analyse.

3.2.2. Entretiens

Les observations permettent d'accéder au comportement des acteurs, partie visible de leur activité. Elles s'avèrent insuffisantes pour accéder au point de vue intrinsèque des acteurs, c'est-à-dire aux significations qu'ils donnent aux événements, à leurs raisonnements, etc. Pour cela, le recours à des entretiens, s'avère indispensable.

Au cours de notre étude, nous avons réalisé différents types d'entretiens :

- des **entretiens exploratoires** : l'entretien exploratoire est un type d'entretien ouvert qui permet d'explorer une thématique en laissant l'opérateur parler librement. L'entretien commence par une première question consigne puis, on laisse l'opérateur parler en le relançant à partir de ce qu'il dit pour approfondir certains sujets. Nous avons mobilisé cette technique lors de la phase exploratoire sur notre terrain afin d'acquérir une première compréhension de la situation de travail (rythme de travail, organisation sur les postes de traitement, répartition des tâches entre les différents métiers etc.) ;
- des **entretiens semi-directifs** : l'entretien semi-directif permet d'aborder tous les points que l'ergonome souhaite investiguer et laisse une certaine flexibilité dans la conversation. Une consigne est suivie d'autres questions et de relances pour approfondir certaines réponses. Un guide d'entretien est préalablement rédigé, au regard des thématiques, des activités ou questions pertinentes pour l'objectif de recherche. Des entretiens semi-directifs ont été utilisés au cours de la seconde période de recueil de données ; lors de la formation.
- des **débriefings post-activité**. Cette technique était un moyen d'accéder à la description des activités par les acteurs *a posteriori*. La verbalisation *a posteriori* est une technique qui consiste à faire verbaliser des acteurs une fois l'activité terminée. Elle a l'avantage de ne pas gêner l'activité en cours de déroulement. A la suite de chaque enregistrement vidéo (cf. observations assistées réalisées à la 3^{ème} période de recueil), nous avons réalisé un débriefing de quelques minutes directement sur le poste de traitement avec un manipulateur. Cette technique nous a permis d'identifier les difficultés ressenties par le manipulateur au cours de la réalisation du traitement n'ayant pas pu être exprimées au cours des observations ;
- Des **entretiens basés sur la technique du tri de cartes** : la technique de tri consiste à présenter des unités d'information notées sur des post-it physiques (par exemple, sur des morceaux de

papier) ou virtuels (par exemple, sur ordinateur) et à demander à la personne de les trier, de les regrouper en plusieurs groupes distincts selon son point de vue. La technique de tri est la plupart du temps accompagnée d'un entretien mené par le chercheur pour demander des explications sur les regroupements réalisés. Les questions portent plus précisément sur les différences entre les regroupements. Des post-it (70 en moyenne) ont été présentés à un manipulateur sur lesquels étaient inscrits des traces de son activité issues d'observations situées (sur chaque post-it était inscrit un but poursuivi par le manipulateur resitué dans son contexte). Nous donnions une consigne de début au manipulateur : « *Je m'intéresse à la manière dont vous concevez votre propre activité. Je vous présente des éléments de votre activité (inscrits sur des post-it) relevés durant les observations que j'ai menées. Selon vous, quels sont ceux qui vont ensemble et ceux qui sont à dissocier ? Comment nommeriez-vous les post-it que vous avez regroupés ?* ». Ces regroupements nous ont permis dans l'analyse de monter en généralité, d'établir des grands pôles de préoccupations poursuivis par le manipulateur dans son travail. Durant cette séance, l'entretien a consisté à comprendre la signification des regroupements pour le manipulateur. Par exemple : « *Pourquoi avez-vous regroupé ces post-it ensemble ? Pourquoi les avoir séparés ? Vers quoi renvoient toutes ses préoccupations que vous avez regroupées (par exemples, vers la sécurité des patients, vers l'organisation de l'activité sur le poste de traitement etc.) ?* », « *Ce regroupement est complètement différents des autres ? Y-a-t-il des liens entre les regroupements ? Pourquoi sont-ils différents, similaires ou complémentaires pour vous ?* ». Cette technique nous a permis de recueillir des informations sur ce qui est significatif/pertinent pour les manipulateurs et de comprendre la logique de leurs activités (objets de l'activité poursuivis), selon leur point de vue.

3.2.3. Recueil de traces de l'activité

Dans notre étude, nous avons également eu recours au recueil de traces documentaires. En complément des observations situées et des entretiens, cette technique nous a permis d'analyser plus finement l'activité et son contexte. Nous avons recueilli à différents moments les plannings des traitements - sur l'ancien appareil de traitement puis, sur le nouvel appareil - afin de percevoir l'évolution du type de traitement, des localisations et du nombre de patients pris en charge. Nous avons aussi recueilli les pannes, inscrites sur le cahier des pannes, pour identifier leur fréquence, leur nature et leur(s) conséquence(s) sur le planning, sur le report des traitements etc. Il nous est arrivé de questionner, *a posteriori* et quand l'occasion se présentait, des membres de l'équipe soignante pour éclairer certains éléments.

Période	Illustration	Méthodologie de recueil de données mise en œuvre
<p>1^{ère} période</p> <p>Activité existante avant le changement technologique</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observations ouvertes & encadrées <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretiens exploratoires ▪ Entretiens basés sur la technique du tri de cartes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recueil de traces
<p>2^{ème} période</p> <p>Activité lors de la formation par compagnonnage au nouveau système d'imagerie médicale (SIM)</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observations assistées (audio) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretien semi-directifs
<p>3^{ème} période</p> <p>Activité transformée avec le nouveau système d'imagerie médicale (SIM)</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Observations encadrées & assistées (audio/vidéo) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entretiens basés sur la technique du tri de cartes & débriefings post-activité <ul style="list-style-type: none"> ▪ Recueil de traces

Tableau 2 - Récapitulatif des méthodes de recueil de données mobilisées sur les trois périodes

3.2.4. Limites de notre méthodologie de recueil de données

Au cours de la recherche, nous avons été confrontés à diverses contraintes méthodologiques qui ne nous ont pas permis de mettre en œuvre la méthodologie de recueil de données comme nous l'aurions souhaité.

Tout d'abord, nous avons été confrontés au fait que le processus d'appropriation entraîne des changements de l'activité au cours du temps. De ce fait, la reproduction de la même méthode de recueil de données à chaque étape ne permettait plus, à un moment donné des observations, de suivre le processus d'appropriation. Par exemple, après deux mois d'utilisation de l'appareil de traitement (3^{ème} période), nous ne recueillions plus assez de verbalisations spontanées sur les difficultés éprouvées car les connaissances/savoir-faire étaient davantage incorporés. Pour dépasser cette difficulté, nous avons adapté notre recueil de données et nous avons demandé aux personnes de verbaliser à haute voix ce qu'elles étaient en train de faire (autant que la situation le rendait possible). Nous avons également réalisé des débriefings suite aux observations.

Par ailleurs, les méthodes de recueil de données que nous avons utilisées à la 1^{ère} période étaient trop lourdes à mobiliser à la 2^{ème} période, lors de la formation. Nous avons donc dû trouver des méthodes de recueil plus adaptées à cette situation particulière qui nous permettent de recueillir des données de même nature que celles recueillies aux autres périodes (verbalisations spontanées, observations & entretiens) afin de suivre l'évolution des activités.

En outre, ce n'est que lors des observations de la formation que nous avons identifié le système d'imagerie médicale comme une source de transformation majeure dans l'activité des manipulateurs, et que nous avons décidé d'approfondir l'analyse du positionnement du patient. Les données recueillies dans la situation préexistante ont concerné l'ensemble du traitement et n'ont pas présenté un degré de précision suffisant pour modéliser les instruments de contrôle du positionnement avec le SIM (1^{ère} période).

Enfin, nous voulions idéalement suivre les mêmes personnes tout au long du travail de recherche afin de pouvoir mettre en évidence les transformations de leur activité au cours du temps. Nous avons pu suivre 6 manipulateurs de manière récurrente sur plusieurs mois, mais avons été confrontés à

l'impossibilité de suivre la même personne à chaque étape pour des raisons inhérentes aux situations de travail : changement à la dernière minute des manipulateurs formés au nouvel appareil (nous avons déjà réalisé des observations de l'activité d'autres personnes en vue de les suivre) ; des absences liées aux vacances, aux jours de congés ; des difficultés de réaliser des entretiens durant les heures de travail etc. Nous avons pu toutefois mettre en œuvre cette méthodologie « idéale » pour un manipulateur. Pour les autres manipulateurs, nous avons pu recueillir des données à deux périodes.

3.3. Une méthodologie d'analyse des données en quatre étapes

La méthode d'analyse est constituée de quatre étapes, qui permettent progressivement, d'appréhender le processus d'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale par les manipulateurs. En effet, nous allons voir que :

- la première étape (3.3.1) a pour objectif d'identifier les instruments de contrôle du positionnement avec le système d'imagerie médicale, développés par les manipulateurs trois mois après l'introduction du nouvel appareil de traitement dans leur service ;
- la deuxième étape (3.3.2) consiste à construire des « cas » qui constituent la brique de base de notre analyse ;
- la troisième étape (3.3.3) a pour objectif de caractériser ces cas d'un point de vue instrumental afin d'avoir une vision dynamique du développement des instruments de contrôle du positionnement et à inscrire ces cas dans ce que nous avons appelé des trajectoires d'appropriation ;
- Enfin, la dernière étape (3.3.4) a consisté à comparer ces trajectoires afin de faire émerger des caractéristiques génériques des genèses instrumentales relatives aux instruments de contrôle du positionnement.

3.3.1. Identification des instruments de contrôle du positionnement par imagerie

La première étape a consisté à identifier les instruments que les manipulateurs ont développés pour contrôler le positionnement du patient avec le système d'imagerie médicale, trois mois après l'introduction du nouvel appareil de traitement dans leur service. Autrement dit, nous avons commencé par la « fin » du processus d'appropriation. Il ne s'agit pas de la fin du processus d'appropriation pour les manipulateurs qui vont continuer de développer leurs instruments avec le temps et l'utilisation quotidienne de l'appareil de traitement, au-delà de trois mois. Il s'agit toutefois de la « fin » du processus d'appropriation tel que nous avons pu l'analyser, puisque nous sommes partis des instruments développés au cours de la troisième période de notre recueil de données et il s'est agi ensuite, de mener une analyse rétrospective pour accéder à des éléments de l'histoire de la constitution de ces instruments.

Cela nous permis d'identifier trois instruments de contrôle du positionnement, que nous présentons au chapitre 4.

3.3.2. Constitution de « cas »

Une fois ces instruments identifiés, la seconde étape d'analyse a consisté à constituer des cas. Un cas représente un ensemble de moments de l'activité de contrôle du positionnement d'un manipulateur relatifs à un instrument, entre lesquels apparaissent des changements. Ces moments ont été observés lors de la réalisation de l'activité des manipulateurs et/ou ont été évoqués dans le cadre d'entretiens portant sur cette activité. Plus précisément, pour constituer ces cas, nous avons :

- recherché dans l'ensemble des données récoltées tous les moments entre lesquels nous pouvions identifier des changements dans l'activité de contrôle du positionnement réalisé avec le système d'imagerie médicale. Nous avons fait ce travail pour chaque manipulateur ;
- affiné ces différents moments en fonction de l'instrument de contrôle du positionnement qui était concerné ;
- relié chronologiquement dans une frise ces différents moments.

Les différents moments mis bout à bout permettent d'approcher les changements dans l'activité de contrôle de positionnement d'un manipulateur dans le temps. Les cas constituent ainsi une fenêtre permettant à l'analyste de saisir les évolutions d'une activité dans le temps. Ils représentent ainsi des unités d'analyse élémentaires pour saisir des changements de l'activité des manipulateurs traduisant le processus d'appropriation du nouvel appareil de traitement.

Nous expliquons plus en détails dans le tableau 3 ci-dessous la manière dont nous nous y sommes pris pour relier les moments entre eux. Comme illustré dans ce tableau, quelques fois cette mise en relation était faite par nous, lorsque nous observions un changement entre deux moments ou plus dans l'activité d'un manipulateur, et quelques fois cette mise en relation était faite directement par le manipulateur. En tout, nous avons construit 15 cas.

Méthode de conception des cas	Exemples	Illustrations
L'ergonome met lui-même en relation différents moments quand il observe un changement dans l'activité du manipulateur	<p>CAS 4N : évolution de l'utilisation de l'outil de contraste pour contrôler le positionnement</p> <p>Moment d'activité à J2 : Le deuxième jour de la formation (2ème période), nous observons à différents moments de la journée que la manipulatrice est entièrement guidée par les tuteurs pour utiliser le contraste sur les repères osseux afin d'améliorer leur visibilité pour pouvoir les comparer entre les images. Elle ne sait pas utiliser seule l'outil de contraste et sollicite l'aide des tuteurs.</p> <p>Moment d'activité à J3 : Le troisième jour de formation, nous observons que la manipulatrice n'est plus totalement guidée par les tuteurs mais elle n'est pas totalement autonome lorsqu'elle utilise l'outil de contraste.</p>	<p>CAS 4N : Evolution de l'utilisation de l'outil de contraste</p>
Le manipulateur fait lui-même les relations entre des moments de son activité qui changent lors des entretiens	<p>CAS 1AH : évolution de l'utilisation des repères anatomiques pour contrôler le positionnement</p> <p>Moment de l'activité à J1 : Le deuxième jour de formation (2ème période), la manipulatrice évoque elle-même dans un entretien des changements dans son activité liés à l'utilisation de nouveaux repères, « les grains d'or », pour contrôler le positionnement des cancers de la prostate sur les images de contrôle. Elle évoque des difficultés pour contrôler le positionnement sur la base de ces nouveaux repères. Elle avait l'habitude, jusqu'à présent, de contrôler le positionnement exclusivement avec les repères anatomiques « osseux ».</p>	<p>CAS 1AH : Evolution de la détection des décalages</p>

Tableau 3 - Deux manières de construire des "cas"

3.3.3. Du « cas » à la modélisation d'une « trajectoire d'appropriation »

Sur la base de ces cas, nous avons cherché à caractériser l'état du processus d'appropriation des manipulateurs à chaque moment. Pour cela, nous avons construit une grille d'analyse, de manière itérative entre les données et les concepts de l'approche instrumentale (tableau 4). Cette grille permet de caractériser, pour chaque moment l'état de développement de l'instrument (relativement

stable/instable), ainsi que les facteurs qui impactent ce développement et les contraintes qui pèsent sur la réalisation de l'activité.

Codage		Définition	Exemple
Genèses instrumentales	Instrumentation relativement stabilisée	L'instrument est mobilisé par le manipulateur dans son activité sans difficulté.	Le manipulateur contrôle le positionnement des patients avec le SIM sans erreur et sans avoir besoin d'être aidé par les tuteurs
	Instrumentation instable	L'instrument est mobilisé par le manipulateur dans son activité avec difficulté.	Le manipulateur contrôle le positionnement des patients avec le SIM avec des erreurs et, ou avec le besoin d'être aidé par les collègues ou les manipulateurs formateurs.
	Instrumentalisation relativement stabilisée	L'adaptation d'un outil est installée et pérenne dans l'activité	Les manipulateurs adaptent, en collaboration avec les physiciens, l'utilisation d'une fonction du SIM, pour pouvoir acquérir une seule image sans délivrer des doses inutiles au patient
Facteurs d'appropriation situationnels	Facteurs favorisant	Facteurs qui favorisent le processus d'instrumentation et d'instrumentalisation	Les projections dans l'activité future lorsqu'elles sont « assurées » favorisent le développement de l'instrument.
	Facteurs entravant	Facteurs qui entravent le processus d'instrumentation et d'instrumentalisation	Les instruments mobilisés antérieurement peuvent compliquer l'appropriation de l'instrument mobilisé sur le nouveau SIM
Contraintes sur l'activité	Contraintes organisationnelles	Contraintes organisationnelles qui impactent l'activité des acteurs	Le manque de visibilité des images de références (DRR) gêne l'identification des écarts de positionnement entre les images

Tableau 4 - Grille d'analyse des cas

Une fois les cas caractérisés selon cette grille d'analyse, nous les avons inscrits dans des « trajectoires d'appropriation »¹⁵ (figure 5). Ces inscriptions rendent visibles, sur un axe temporel, les différents éléments de la grille d'analyse utilisée pour caractériser chaque cas, à savoir : les différents états du développement des instruments, les facteurs qui ont une influence sur ce processus de développement, ainsi que les contraintes qui pèsent sur l'activité des manipulateurs.

¹⁵ Cette notion de « trajectoire » a été mobilisée, de manière plus ou moins proche, par des chercheurs en sciences humaines et sociales, dans le cadre de l'étude des processus d'appropriation (Hussenot, 2006 ; Jeanneret, 2010 ; Grimand, 2012 ; Guibourdenche, 2020).

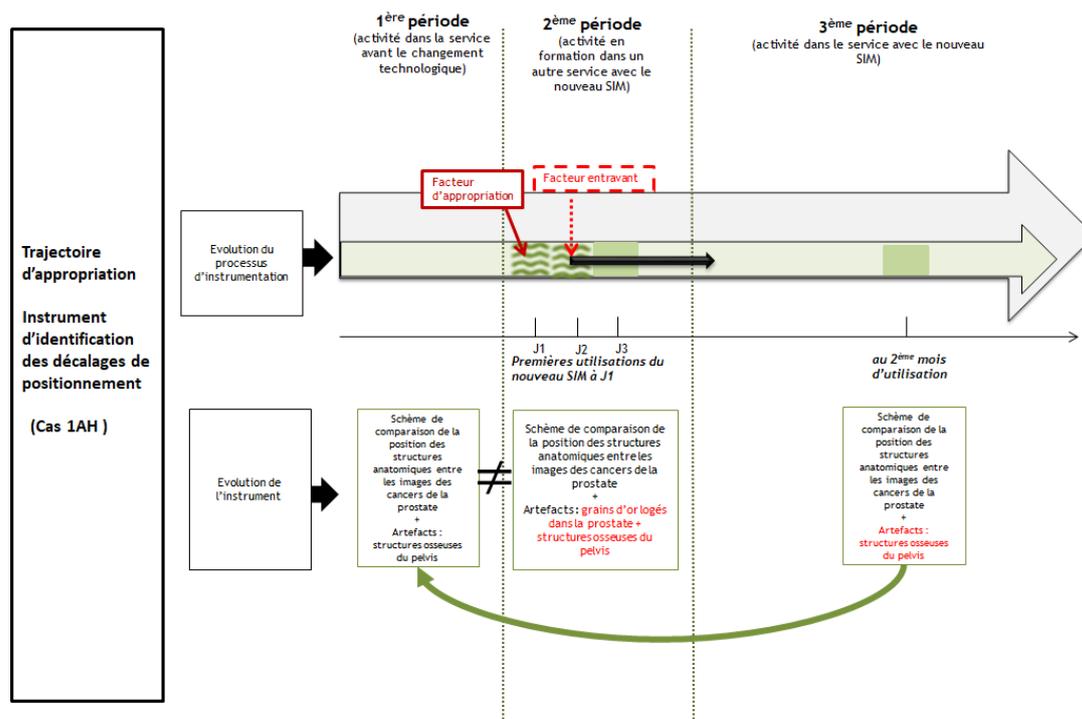


Figure 5 - Illustration d'une "trajectoire d'appropriation"

Ces trajectoires ne constituent pas seulement une représentation graphique des cas caractérisés avec la grille d'analyse, en ce sens qu'elles font apparaître la dynamique du processus d'appropriation, notamment :

- Les **retours en arrière** : c'est le cas lorsqu'un instrument mobilisé à t+3 mois est finalement le même que celui qui était utilisé avant l'introduction du nouvel appareil dans le service, alors même que des traces de transformation étaient perceptibles lors de la formation par compagnonnage. C'est par exemple le cas dans la figure 5, où ce retour en arrière est représenté par la flèche verte qui relie l'instrument de la 3^{ème} période à celui de la 1^{ère} période ;
- Les **composantes de l'instrument qui bougent** entre les différents moments, c'est le cas par exemple lorsque les artefacts mobilisés dans le cadre d'un instrument changent au fil du temps. Ces changements sont représentés dans la figure 5 par le fait que les composantes qui se transforment entre les différents moments sont affichées en rouge.
- Les **projections dans le futur** : c'est le cas lorsque les manipulateurs, sur la base d'une utilisation ou d'une discussion ici et maintenant relatives au nouvel appareil de traitement, envisagent leur activité future et la manière dont cette activité va être impactée par le nouvel appareil de traitement. La modélisation présentée en figure 5 contient une projection, elle est représentée par une flèche noire qui va du moment où cette projection est réalisée (2^{ème} période) vers le moment qui est ciblé par la projection (3^{ème} période).

3.3.4. Comparaison des trajectoires d'appropriation

Enfin, la dernière étape de notre démarche d'analyse a consisté à comparer ces trajectoires en croisant les « moments » du processus d'appropriation, les « catégories de la grille d'analyse » et les « instruments ».

Plus précisément :

- Par « **période** » : nous avons comparé l'ensemble des trajectoires à chaque période, pour voir si, relativement au processus d'appropriation, des caractéristiques spécifiques à chacune de ces périodes émergent ;

- Par « **catégorie de la grille d'analyse** » : nous avons par exemple comparé les moments où le développement des instruments était instable dans l'ensemble des trajectoires d'appropriation, pour identifier des facteurs communs à ces instabilités, des différences, etc. Nous avons fait de même avec les moments où ce développement est stabilisé, etc.
- Par « **instrument** » : nous avons par exemple comparé les trajectoires relatives à l'instrument 1 entre elles, puis à l'instrument 2, etc. afin de voir si des caractéristiques du processus d'appropriation se constatent davantage pour un instrument plutôt que pour un autre.

3.4. Conclusion

Ce chapitre a présenté l'approche théorique que nous avons retenue pour analyser le processus d'appropriation du nouveau SIM par les manipulateurs, ainsi que la méthodologie de recueil et d'analyse des données associée. Nous présentons maintenant les résultats issus de l'analyse.

Nous présentons maintenant les résultats issus de l'analyse.

4. LES TROIS INSTRUMENTS DE CONTROLE DU POSITIONNEMENT PAR IMAGERIE : PRESENTATION GENERALE

La spécificité de l'approche instrumentale consiste à regarder les systèmes techniques depuis l'activité humaine, et non à partir de leurs caractéristiques techniques. Dans ce travail de recherche, cela nous amène à regarder le nouveau système d'imagerie médicale à partir des objectifs poursuivis par les manipulateurs lorsqu'ils contrôlent le positionnement par imagerie. Autrement dit, nous ne regardons pas comment les manipulateurs se sont approprié le SIM, fonctionnalité par fonctionnalité, mais comment ils agencent les différentes fonctionnalités du SIM au service des objectifs qu'ils poursuivent dans le cadre de leur activité de contrôle du positionnement par imagerie. Nous appréhendons ainsi « transformation technique » et « transformation de l'activité » dans un même mouvement, permettant de comprendre l'impact d'une nouveauté technique sur la réalisation de l'activité des personnes.

Nous présentons ici les instruments de contrôle du positionnement par imagerie¹⁶ stabilisés avec le nouveau SIM. Cette présentation a deux objectifs :

- donner à voir, empiriquement, ce qu'est un « instrument » dans le cadre de notre recherche. Nous allons décrire les trois instruments de contrôle du positionnement du patient par imagerie mobilisés par les manipulateurs ;
- constituer un point de départ pour comprendre l'histoire qui a mené les instruments à cet état de stabilisation. Une fois ces instruments présentés, nous serons en mesure de revenir sur l'histoire de leur genèse, et de caractériser cette genèse, ainsi que son impact sur l'activité de contrôle du positionnement du patient par les manipulateurs.

4.1. Trois objectifs, trois instruments

Nos analyses nous ont permis d'identifier trois préoccupations ou objectifs¹⁷ que les manipulateurs poursuivent lorsqu'ils contrôlent le positionnement du patient par imagerie. Puisqu'un instrument est défini à partir de l'objectif qu'il permet de réaliser, l'identification de ces objectifs nous permettra de documenter les instruments associés¹⁸.

Ainsi, lorsque les manipulateurs contrôlent le positionnement du patient à l'aide des images de contrôle, ils cherchent à préparer les images au contrôle du positionnement (4.1.1), identifier les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (4.1.2) et réduire ces décalages (4.1.3).

¹⁶ Les instruments présentés dans ce chapitre correspondent à ceux qui sont relativement stabilisés, trois mois après l'introduction du nouvel appareil de traitement dans le service.

¹⁷ Dans le cadre de l'approche instrumentale, ces « objectifs » sont plus précisément appelés « objets de l'activité ». Nous avons choisi d'utiliser un terme non spécifique à l'approche pour la présentation des résultats, mais dont la signification est proche.

¹⁸ Dans l'approche instrumentale un instrument est relatif à un « objet de l'activité ». La mobilisation d'un instrument est au service d'une préoccupation. Les trois objectifs identifiés ici nous permettent de documenter trois instruments de contrôle du positionnement par imagerie.

4.1.1. Préparer les images au contrôle du positionnement

4.1.1.1. Présentation générale de cet objectif

Préparer les images du jour consiste :

- à prendre ou « capturer »¹⁹ deux images (antérieure et latérale) au début de chaque séance de traitement du patient afin de pouvoir les comparer avec les images de référence (DRR) réalisées lors de l'étape de préparation du traitement. L'acquisition de ces images se réalise depuis la console, sans suivre un ordre particulier. Le manipulateur peut en effet décider de prendre l'image antérieure puis latérale ou inversement, en fonction de la position du bras de l'accélérateur au début de la séance. L'enregistrement de ces deux images dans le logiciel est automatique. Les manipulateurs peuvent également être amenés à acquérir des images une deuxième fois au cours de la séance de traitement notamment lorsqu'ils ont trouvé des décalages de positionnement supérieurs à 0,3 cm²⁰ (cf. 3.2.2). ; ils doivent alors ensuite s'assurer que les décalages identifiés ont bien disparu avec le déplacement de la table de traitement ;
- à régler les paramètres d'acquisition des images afin d'assurer une bonne qualité d'image nécessaire au positionnement du patient mais aussi de limiter le volume imagé pour des raisons de radioprotection du patient. Ceci est réalisé une seule fois pour un traitement : lors de la séance dédiée à la mise en place du patient²¹. Pour régler ces paramètres, le manipulateur définit la « zone d'intérêt » utile au positionnement qui correspondra à la zone réellement imagée : cela revient à sélectionner les structures anatomiques qui seront visibles sur les images de contrôle du jour. Les structures anatomiques qui sont hors de la zone d'intérêt ne seront en effet plus visibles et ne pourront donc pas servir de repères pour identifier les décalages de positionnement. Pour cela, le manipulateur ajuste un rectangle, appelé « diaphragme » sur chacune des images (figure 6).



Figure 6 - Définition de la zone d'intérêt sur les DRR

La sélection de ces zones d'intérêt intègre à la fois les caractéristiques des localisations à irradier et celles des patients. En effet, pour une même localisation, la zone d'intérêt ne sera pas en tous points identique entre deux patients. Par exemple, pour la localisation du pelvis, il est important de pouvoir comparer le positionnement de certaines structures anatomiques comme les crêtes iliaques, le coccyx,

¹⁹ Il s'agit ici de l'activité d'« acquisition des images ». Afin de mettre l'accent sur l'action réalisée par les manipulateurs dans le cadre de cette acquisition des images, nous parlons de « prendre » ou de « capturer » ces images. Le schéma correspondant, présenté dans la sous-partie suivante, reprend cette terminologie.

²⁰ Ce chiffre constitue la tolérance définie dans le centre pour un protocole donné. Il s'agit d'une valeur définie par l'équipe (oncologues-radiothérapeutes, manipulateurs, physicien médicaux)

²¹ La mise en place correspond à une séance blanche au cours de laquelle aucun traitement n'est administré. Elle permet la vérification du positionnement des faisceaux d'irradiation sous l'appareil de traitement (source : site internet de l'HEGP).

le petit bassin etc. Lorsqu'un patient a une scoliose et un bassin qui n'est pas droit, il est nécessaire d'élargir un peu plus la zone d'intérêt sur certaines vertèbres et d'autres structures osseuses afin d'avoir les informations nécessaires pour identifier les décalages de positionnement.

4.1.1.2. Présentation de l'instrument de préparation des images au contrôle du positionnement

Du point de vue de l'approche instrumentale, cette manière de faire des manipulateurs pour préparer les images au contrôle du positionnement montre la mobilisation concomitante de deux schèmes :

- Un **schème de réglage des images lors de la mise en place**, qui consiste à sélectionner et définir une zone d'intérêt sur les images de référence ;
- Un **schème de « capture » des images du jour**, qui consiste à réaliser différentes actions nécessaires à l'acquisition des images (actionner la rotation du bras de l'accélérateur, actionner l'acquisition des images du jour ainsi que la superposition des images²²).

L'examen des différents outils et fonctionnalités²³ systématiquement mobilisés avec ces schèmes nous permet de mettre en évidence un instrument de préparation des images au contrôle du positionnement qui est composé de schèmes et d'artefacts, comme illustré dans la figure 7. Pour plus de précision, cette figure rend visible, notamment par des numéros²⁴, la correspondance entre les dimensions artefactuelles de l'instrument et une illustration du système d'imagerie médicale au sein de la console.

²² DRR et images du jour.

²³ Dans l'approche instrumentale, le terme consacré est « artefacts ». Pour rappel, un artefact est défini comme « une chose susceptible d'un usage, élaborée pour s'inscrire dans des activités finalisées » (Rabardel, 1995 p.49). L'artefact peut-être : un objet matériel (par exemple, une table de traitement, le bouton sur la console qui permet de lancer le traitement) ou un système symbolique (par exemple, les procédures de contrôle, les normes de sécurité, les images de scanner etc.).

²⁴ Certaines dimensions artefactuelles sont directement visibles sur l'illustration, d'autres non. C'est la raison pour laquelle il n'y a toujours pas de correspondance – représentée par un numéro – entre les dimensions artefactuelles mentionnées et l'illustration.

Instrument de préparation des images de contrôle du positionnement

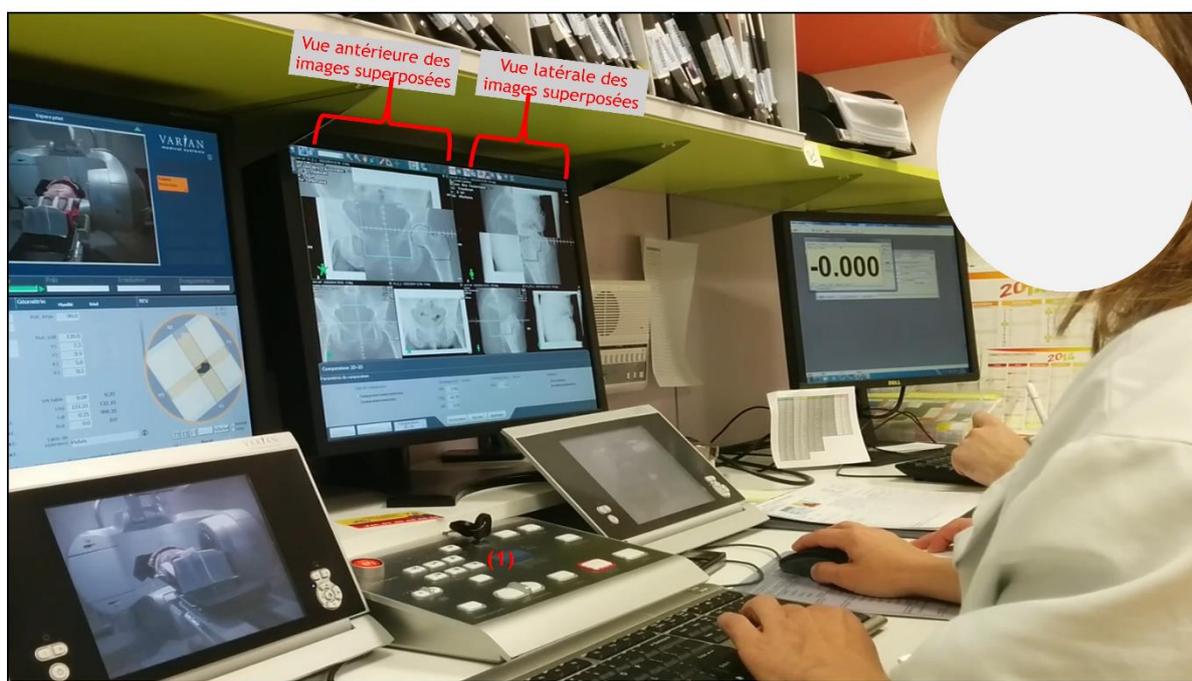
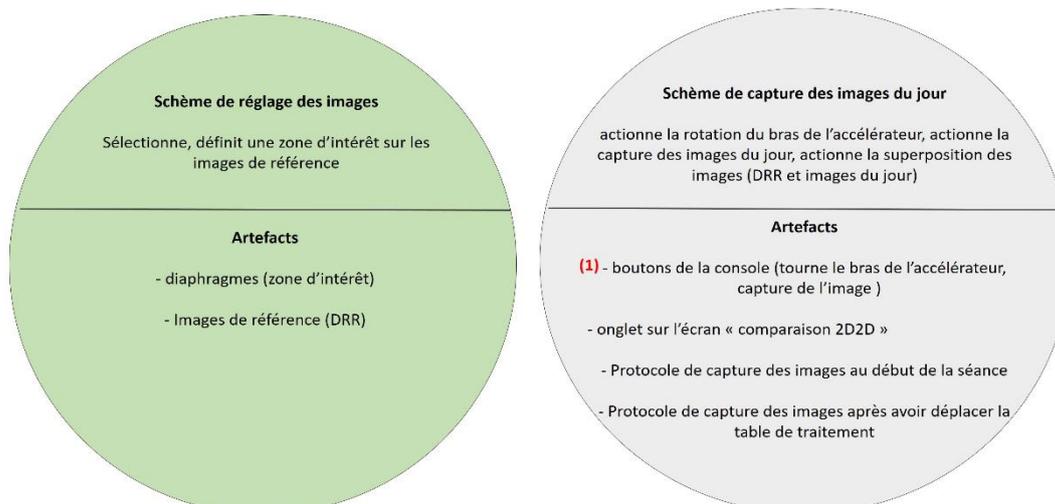


Figure 7 - Illustration de l'instrument de préparation des images au contrôle du positionnement

4.1.2. Identifier les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (DRR)

4.1.2.1. Présentation générale de cet objectif

A chacune des séances de traitement du patient, les manipulateurs recherchent tous les décalages en translation qui existent entre les images de contrôle du positionnement prises le jour J et les images de référence (DRR). Les décalages qu'ils recherchent sont de l'ordre du millimètre. L'identification de ces décalages leur permet de s'assurer du bon positionnement du patient, qui assure une des conditions d'un traitement sûr et efficace : délivrer la dose au « bon endroit » (cf. chapitre 2). Le binôme peut constituer une ressource importante pour identifier les décalages de positionnement, notamment lorsque le manipulateur en charge de cette identification rencontre des difficultés.

Plus précisément, pour identifier les décalages de positionnement entre les images de contrôle, les manipulateurs :

- **comparent le positionnement des structures anatomiques entre les images de référence et les images du jour...**

Dans ce service, il n'existe pas de protocoles ou de référentiels écrits qui mentionne les repères anatomiques devant absolument être contrôlés par localisation traitée. Ce savoir est propre au métier de manipulateur d'électroradiologie médicale. Pour autant, il arrive que les oncologues radiothérapeutes indiquent aux manipulateurs de contrôler plus particulièrement l'emplacement de certains repères anatomiques en fonction des localisations.

Cette comparaison des structures anatomiques est réalisée à la fois sur les images antérieures et les images latérales de positionnement, chacune de ces images permettant d'identifier des écarts de positionnement différents. Ainsi, chaque image permet de vérifier la précision du positionnement dans deux directions. Les images antérieures du positionnement permettent d'évaluer les décalages de position en tête-pied et en gauche-droite du patient, alors que, les images latérales du positionnement permettent de repérer les décalages de position en tête-pied du patient, mais sous un autre angle de vue, et la direction antéro-postérieur du patient appelé couramment hauteur-table (HT). Ainsi, un décalage antéro-postérieur du patient est visible uniquement sur l'image latérale. De même, un décalage en « gauche-droite » du patient n'est visible que sur l'image antérieure.

Pour identifier les décalages, les structures anatomiques prises en compte dans la comparaison sont source de variabilité. Lorsqu'il s'agit de structures osseuses, volumineuses, la comparaison est facilitée, contrairement à la comparaison de tissus mous ou de structures osseuses très petites. En effet, les structures osseuses ayant une densité plus importante que les tissus mous, elles sont plus visibles sur l'image.

- **... tout en améliorant la visibilité des structures anatomiques par l'intermédiaire de l'ajustement du contraste des images, pour permettre cette comparaison.**

Les manipulateurs réalisent cet ajustement du contraste entre les DRR et les images du jour pour faciliter la comparaison du positionnement des structures anatomiques entre les images.

Il n'existe pas une adaptation "type" du contraste. Elle varie en fonction de la visibilité des structures anatomiques sur les images et aussi, en fonction des habitudes du manipulateur.

L'ajustement du contraste des images est réalisé par les manipulateurs, à la fois 1) pour améliorer la visibilité globale de l'ensemble des images avant de les comparer, afin de faciliter la comparaison de l'emplacement des structures anatomiques et 2) pour améliorer la visibilité locale d'un repère anatomique.

4.1.2.2. Présentation de l'instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle

Du point de vue de l'approche instrumentale, cette manière de faire des manipulateurs pour identifier les décalages montre la mobilisation concomitante de deux schèmes :

- Un **schème de comparaison de la position des structures anatomiques entre les images**, qui consiste à comparer les repères anatomiques dans les trois directions ;
- Un **schème d'adaptation du contraste des structures anatomiques**, qui consiste à ajuster le contraste des repères anatomiques sur les images. Cela peut être fait en déplaçant le curseur des réglettes de contraste en fonction du contraste recherché, plus ou moins clair. Lorsque les images de référence ont un niveau de contraste et une netteté vraiment différents des images du jour, les réglettes de contraste ne suffisent plus pour améliorer la visibilité des structures anatomiques. Les manipulateurs utilisent alors en complément des « filtres » (5) de contraste qui donnent une tonalité différente aux images.

L'examen des différents artefacts systématiquement mobilisés avec ces schèmes nous permet de mettre en évidence un instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle qui est composé comme illustré dans la figure 8.

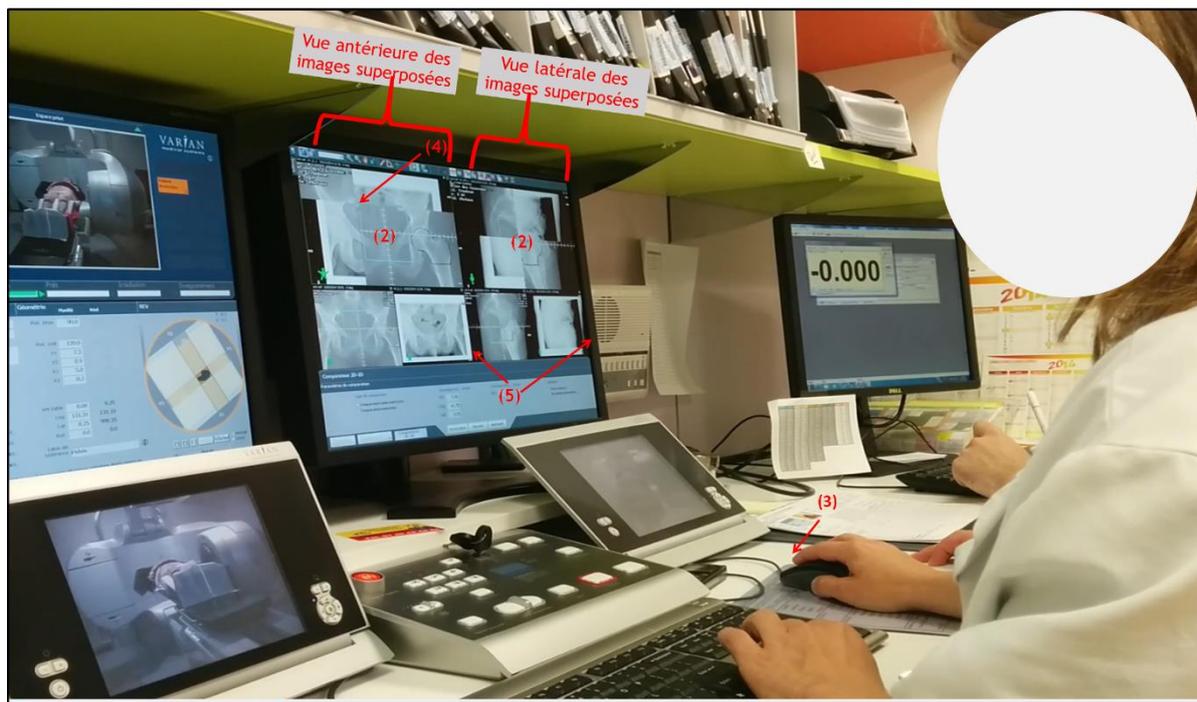
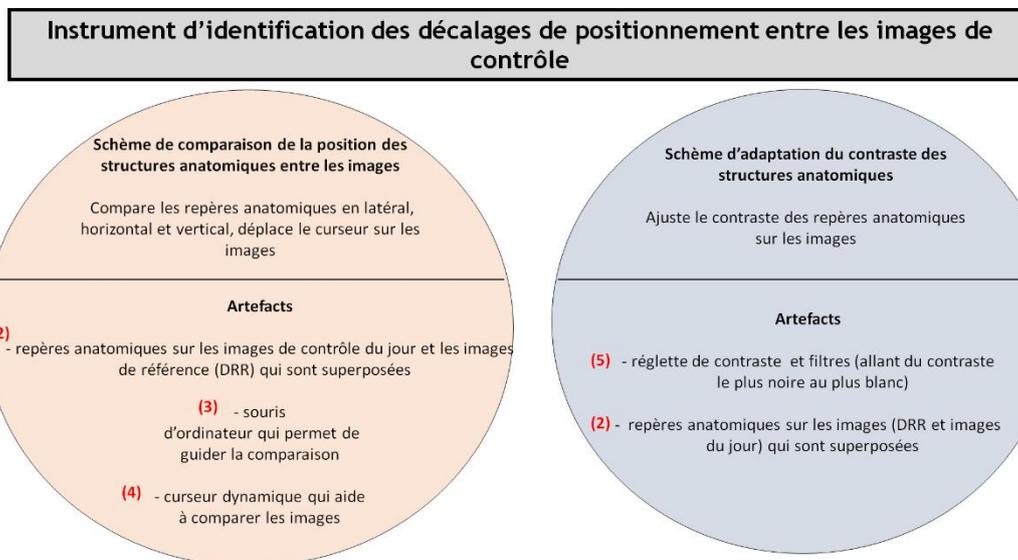


Figure 8 - Illustration de l'instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle

4.1.3. Réduire les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (DRR)

4.1.3.1. Présentation générale de cet objectif

Afin de réduire les décalages identifiés entre les images de contrôle, les manipulateurs :

- **superposent le plus précisément possible les images du jour et les images de référence, à partir de la superposition des repères anatomiques.** Les manipulateurs voient simultanément l'image se déplacer et le décalage se réduire. Ce retour instantané (*feedback*) sur leurs actions permet d'évaluer immédiatement que le décalage de positionnement a bien disparu. La modification du positionnement des images peut se faire autant de fois que nécessaire. Une configuration technique du logiciel d'imagerie médicale structure une partie de la manière de réduire les décalages de positionnement. Les images antérieures du positionnement sont reliées informatiquement aux images latérales. En termes plus techniques, les images de contrôles sont appariées. Cette configuration technique implique, pour la direction tête-pied du patient commune aux deux images, que la réduction d'un décalage de positionnement sur une image peut modifier le positionnement d'autres structures osseuses sur l'autre image. Ainsi, la réduction d'un décalage de positionnement sur une image engendre l'identification d'autres décalages sur l'autre image ou sur cette même image. Avoir des images appariées permet aux manipulateurs d'avoir une visibilité globale du positionnement du patient au cours de son contrôle. Une fois que le système d'imagerie médicale a enregistré les décalages qui doivent être effectués, les manipulateurs appuient sur un bouton au poste de contrôle, ce qui lance automatiquement et à distance le déplacement de la table de traitement.
- Ils **s'assurent alors que la table de traitement s'est déplacée** grâce à plusieurs repères sonores et visuels. D'abord, ils sont attentifs à un bruit, un "clic" qui signifie que la table s'est effectivement déplacée. Les manipulateurs observent en même temps à l'écran les flèches qui s'affichent et qui indiquent le sens de déplacement de la table (verticalement, horizontalement, latéralement), ainsi que la remise à zéro des décalages trouvés.

4.1.3.2. Présentation de l'instrument de réduction des décalages de positionnement entre les images de contrôle

Du point de vue de l'approche instrumentale, cette manière de faire des manipulateurs pour réduire les décalages montre la mobilisation concomitante de deux schèmes :

- Un **schème de superposition des images du jour sur les DRR** qui consiste à déplacer les images entre elles dans les trois directions pour superposer le plus précisément possible les repères anatomiques entre les images ;
- Un **schème de vérification du déplacement de la table de traitement** qui consiste à s'assurer de la présence de certains indices de ce déplacement et à vérifier certaines données affichées à l'écran.

L'examen des différents artefacts systématiquement mobilisés avec ces schèmes nous permet de mettre en évidence un instrument de réduction des décalages de positionnement entre les images de contrôle dont la composition est illustrée dans la figure 9.

Instrument de réduction des décalages de positionnement

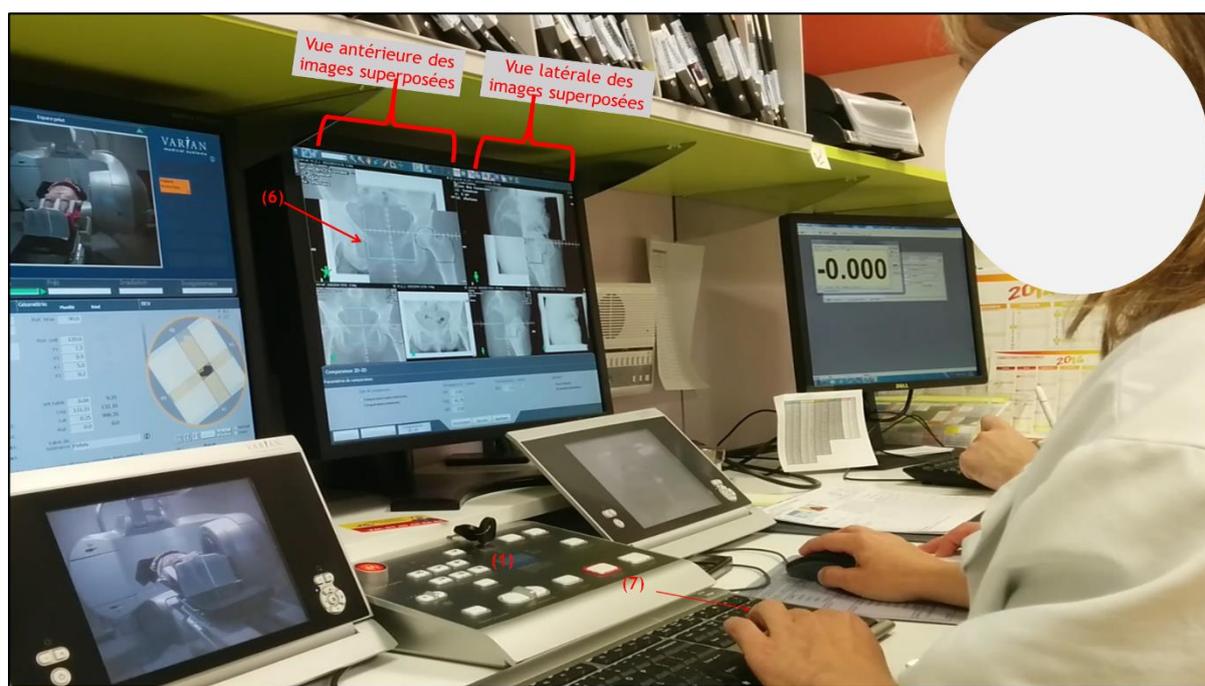
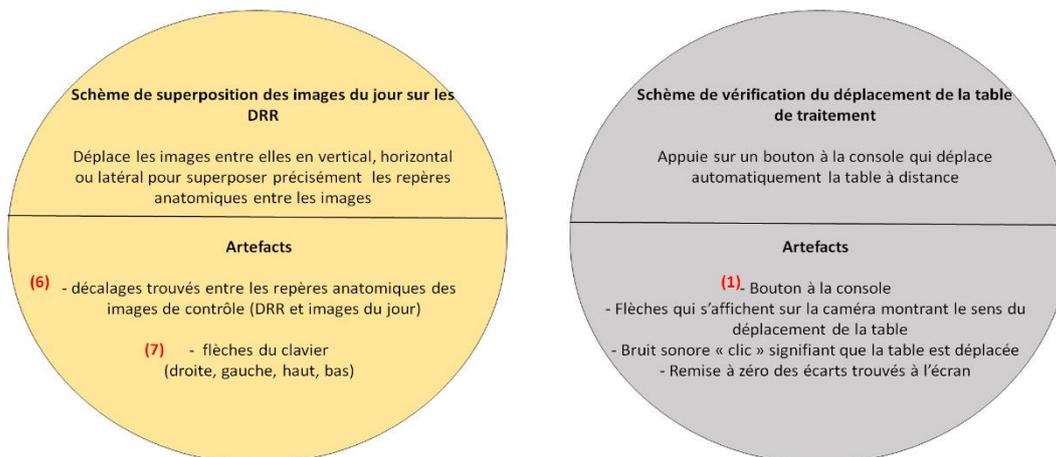


Figure 9 - Illustration de l'instrument de réduction des décalages de positionnement entre les images de contrôle

4.2. Des instruments variables et dynamiques

Les trois instruments de contrôle du positionnement par imagerie que nous venons de présenter ne représentent pas des « étapes » prescrites et déterminées, une fois pour toutes par lesquelles les manipulateurs devraient passer pour contrôler le positionnement d'un patient par imagerie, mais des ressources au service de cette activité. Ils se caractérisent en effet par leur variabilité et leur caractère dynamique, témoignant de leur adaptation aux caractéristiques des situations rencontrées par les manipulateurs.

Pour illustrer ces deux dimensions des instruments, variabilité et caractère dynamique, nous avons choisi de prendre deux situations de contrôle du positionnement par imagerie très différentes au

regard des difficultés rencontrées par une même manipulatrice. La première situation est relative à un contrôle du positionnement d'un patient pris en charge pour un traitement au niveau pelviens au cours duquel elle ne rencontre pas de difficulté tandis que la seconde est relative au contrôle du positionnement d'un patient pris en charge pour un traitement au niveau d'un cancer de la sphère ORL (tête et cou) au cours duquel la même manipulatrice rencontre plus de difficultés. Les caractéristiques de ces situations sont résumées dans le tableau ci-après (tableau 5).

Caractéristiques	Situation de contrôle du positionnement par imagerie sans difficulté particulière	Situation de contrôle du positionnement par imagerie avec davantage de difficultés
Localisation traitée	Pelvis	ORL (Tête et cou)
Technique de traitement	Conformationnelle	Conformationnelle
Visibilité des repères anatomiques	Bonne visibilité des repères anatomiques sur toutes les images de contrôle	Mauvaise visibilité des repères anatomiques sur les images de référence (DRR)
Qualité des images de contrôle/niveau de difficulté à contrôler les images	Images de référence (DRR) et images du jour pouvant être comparées facilement (de bonne qualité)	Images de référence (DRR) trop blanches rendant la comparaison avec les images du jour compliquée
Nature des repères anatomiques	Des structures osseuses qui sont volumineuses et superficielles (têtes fémorales, trou obturateur, symphyse etc.)	Des structures osseuses, assez volumineuses (haut et bas du crâne) Des structures osseuses plus petites (arrête nasale) Des structures molles : superficielles, moins facilement visibles (espaces intervertébraux)
Contrôle seul ou avec son binôme	Arrive à comparer les images de contrôle assez facilement, sans l'aide de son binôme	A des difficultés à contrôler les images de positionnement. Besoin de son binôme pour trouver les repères anatomiques qui sont comparables/bien visibles sur les images Appellent un physicien médical pour exprimer leur difficulté à visualiser les repères anatomiques
Ampleur des décalages trouvés/acquisition des images	Lance directement le traitement après avoir appliqué les décalages (déplace la table de traitement) Les décalages sont tous inférieurs à 0.3 cm.	Réalise une nouvelle capture de l'image latérale et de l'image antérieure de positionnement après avoir appliqué les décalages (déplace la table de traitement). Les décalages sont supérieurs à 0.3 cm sur l'image antérieure dans la direction latérale et en hauteur table (HT) sur l'image latérale (direction antéro-postérieure).

Tableau 5 - Caractéristiques de deux situations différentes du point de vue des difficultés rencontrées pour contrôler le positionnement du patient

La comparaison des instruments de contrôle du positionnement par imagerie mobilisés par la manipulatrice dans ces deux situations montre que ces instruments sont :

- **Dynamiques**, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas mobilisés selon un ordre strict et prédéterminé, mais que leur mobilisation par les manipulateurs s'adapte en fonction des caractéristiques de la situation.

Par exemple, dans la situation de contrôle d'une zone ORL la manipulatrice est amenée à remobiliser l'instrument de préparation des images de contrôle et celui d'identification des décalages en fin de

contrôle, alors que dans le cas du contrôle du pelvis la mobilisation de l'instrument de réduction des décalages clôturait le contrôle du positionnement par imagerie.

- **Variables**, c'est-à-dire que la composition de ces instruments peut varier, au sein d'un même instrument, les parties artefactuelles ne sont pas toujours les mêmes, en fonction des situations.

Par exemple, si les trois instruments sont mobilisés pour contrôler le positionnement dans les deux situations décrites précédemment, la composition de ces derniers peut varier en fonction de ces situations. C'est le cas par exemple pour l'instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle, notamment pour ce qui est de l'adaptation du contraste des structures anatomiques. Le seul usage de la réglette de contraste suffit pour améliorer la visibilité des repères anatomiques sur les images du pelvis, tandis que la manipulatrice mobilisera des artefacts complémentaires pour améliorer cette visibilité sur les images de la zone ORL. Dans ce cas de figure, l'usage de la réglette de contraste seul ne suffit pas, amenant la manipulatrice à mobiliser un filtre de contraste et à demander de l'aide à son binôme.

Autrement dit, le schème d'adaptation du contraste des structures anatomiques est mobilisé avec un seul artefact – la réglette de contraste – dans le cas du contrôle du pelvis, tandis qu'il est mobilisé avec deux artefacts et l'aide du binôme pour ce qui est du contrôle de la zone ORL. La figure 10 illustre cette différence qui témoigne de la variabilité dans la composition des instruments, en fonction des situations.

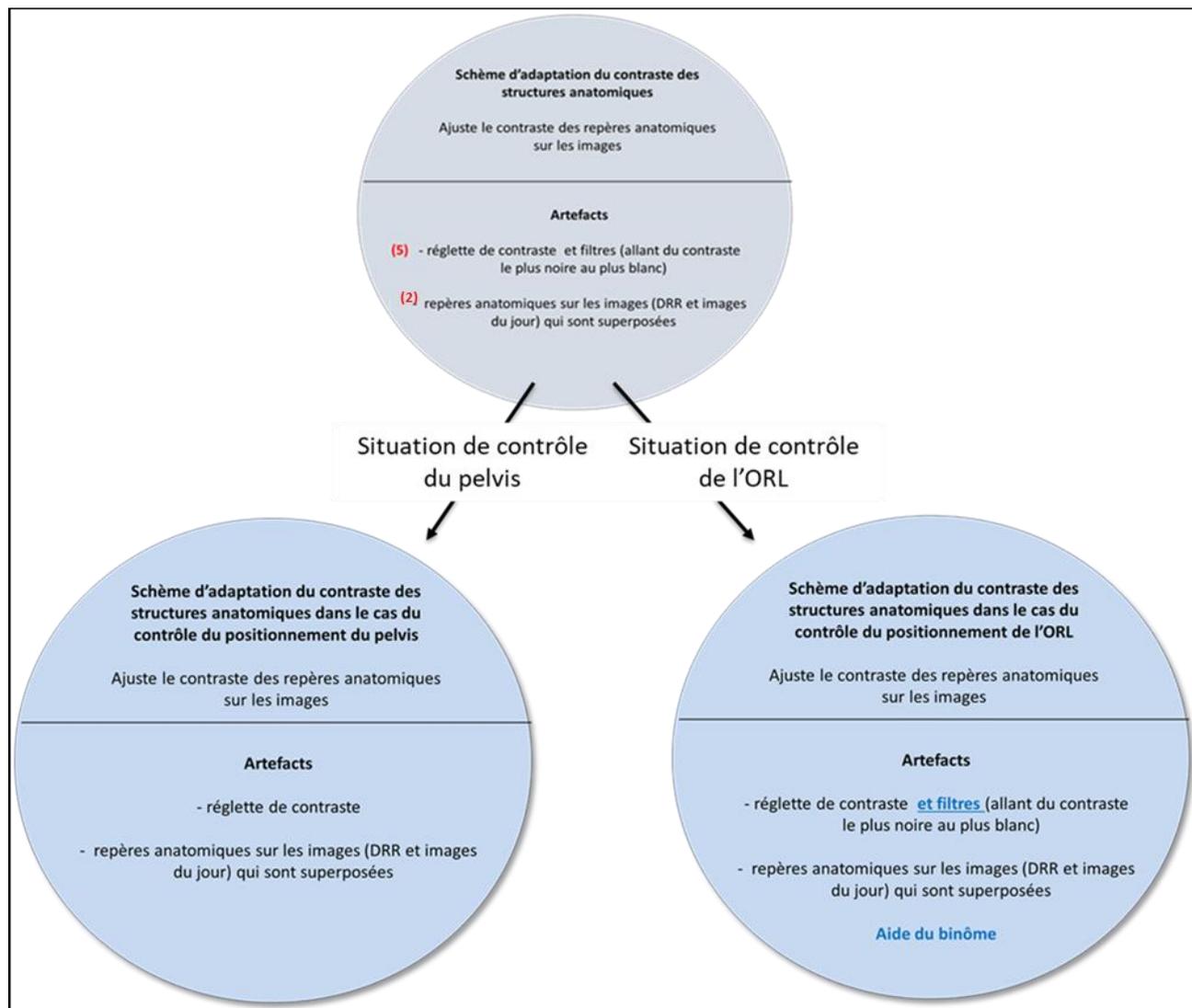


Figure 10 - Différentes compositions artefactuelles de l'instrument d'identification des décalages de positionnement en fonction de des situations

4.3. Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les trois instruments de contrôle par imagerie du positionnement du patient avec le nouveau SIM, que la mise en œuvre de l'approche instrumentale a permis d'identifier : un instrument de préparation des images au contrôle du positionnement, un instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle et un instrument de réduction de ces décalages.

Maintenant que cette présentation des instruments de contrôle du positionnement par imagerie est faite, nous pouvons revenir dans le chapitre 5, sur les trajectoires d'appropriation ayant mené aux états relativement stabilisés tels que nous les avons décrits dans ce chapitre. C'est en effet l'histoire de leur développement ou « genèse instrumentale », que nous avons cherché à appréhender pour caractériser le processus d'appropriation du nouveau SIM.

5. L'APPROPRIATION DU NOUVEAU SYSTEME D'IMAGERIE : DE LA GENESE INSTRUMENTALE A LA GENESE ORGANISATIONNELLE

La modélisation des trajectoires d'appropriation du nouveau SIM par les manipulateurs nous permet d'aborder l'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) comme une transformation des instruments de contrôle du positionnement par imagerie²⁵, qui intervient au cours d'une période transitoire de déstabilisation et de restabilisation progressive de ces instruments.

Cette période se caractérise plus précisément par l'émergence de difficultés nouvelles qui sont rencontrées pour réaliser une activité qui était jusque-là réalisée sans difficulté, ou avec des difficultés différentes. Autrement dit, la période qui suit l'introduction d'un nouvel appareil de traitement ouvre sur une période d'instabilités où les pratiques des manipulateurs se transforment.

Dans le cas qui nous concerne ici, cette période de déstabilisation est rendue visible par le fait que les manipulateurs rencontrent des difficultés nouvelles pour contrôler le positionnement du patient avec le système d'imagerie médicale. Progressivement, ces difficultés s'estompent, pour arriver à un état de relative stabilité. La figure 11 ci-après illustre cette dynamique :

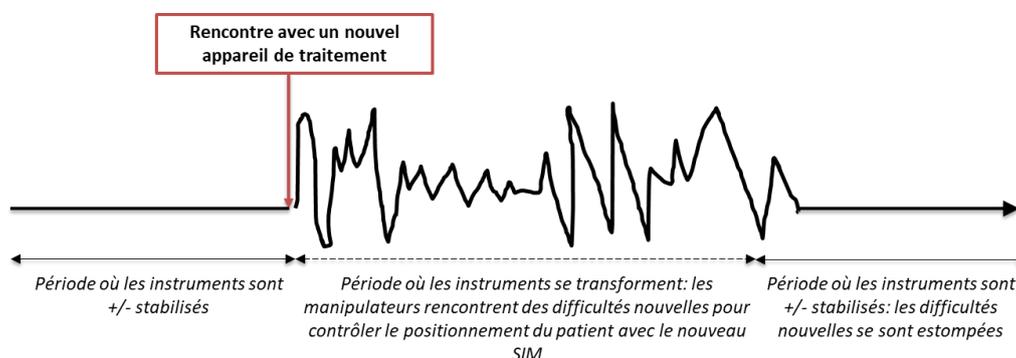


Figure 11 - Une période de déstabilisation / restabilisation qui fait suite à l'introduction d'un nouvel appareil de traitement

Dans la suite de ce chapitre, nous allons caractériser cette période de déstabilisation/restabilisation d'un point de vue individuel, c'est-à-dire du point de vue de chaque manipulateur pour lesquels nous avons modélisé une trajectoire d'appropriation (5.1). Nous montrerons ensuite que cette déstabilisation/restabilisation n'intervient pas à ce seul niveau, et qu'elle est également présente à différents niveaux collectifs : au niveau du binôme de manipulateurs, ainsi qu'au niveau de l'ensemble des acteurs du processus de radiothérapie (5.2). Enfin, nous montrerons que ces différentes déstabilisations/restabilisation individuelles et collectives sont en interdépendance et qu'elles tendent vers une « zone relativement stable de fonctionnement partagé » (5.3 & Conclusion).

²⁵ Dans la suite de ce chapitre, nous parlerons d'« instruments de contrôle du positionnement » pour parler de ces instruments qui permettent de contrôler le positionnement du patient à l'aide de l'imagerie médicale.

5.1. Une période de déstabilisation / restabilisation des instruments de contrôle du positionnement au niveau individuel

Pour rappel, notre analyse a permis d'identifier trois instruments de contrôle du positionnement : l'instrument de préparation des images, l'instrument d'identification des décalages et l'instrument de réduction des décalages (cf. chapitre 4).

5.1.1. Une déstabilisation importante de l'instrument d'identification des décalages de positionnement

5.1.1.1. Des difficultés concernant la manière de voir les images de contrôle

Nos résultats montrent que l'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) s'est faite de manière différenciée selon les instruments de contrôle du positionnement. En effet, sur les trois instruments de contrôle du positionnement du patient mobilisés par les manipulateurs avec le nouveau SIM, l'un d'entre eux a particulièrement été impacté par la nouveauté et a fait l'objet d'une déstabilisation de plus grande ampleur : il s'agit de l'instrument d'identification des décalages de positionnement entre les images de contrôle. La figure 12 illustre ce résultat.

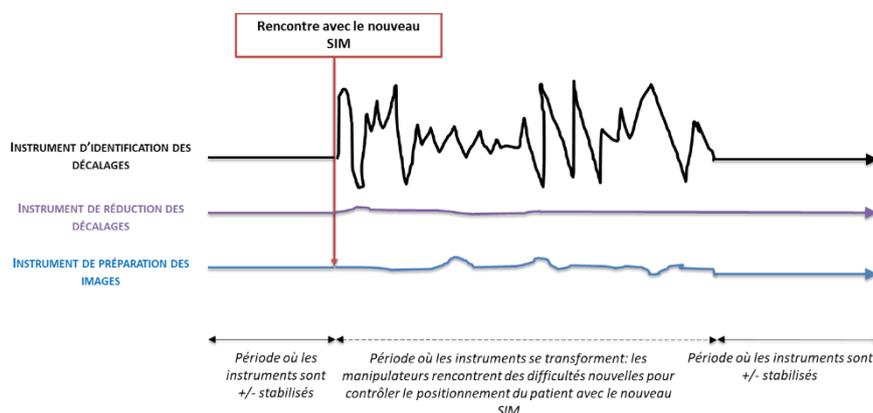


Figure 12 - Une déstabilisation différente selon les instruments de contrôle du positionnement par imagerie

Cette déstabilisation est rendue visible par le fait que, dès les premiers usages, des difficultés majeures sont rencontrées par les manipulateurs relativement à la **manière de voir les images de contrôle**²⁶, rendant l'identification des décalages difficile. Plus précisément, nous avons dégagé quatre difficultés typiques que les manipulateurs rencontrent pour bien lire/interpréter les images de contrôle avec le nouveau SIM et les détaillons dans le tableau ci-après (tableau 6).

²⁶ Ces difficultés sont rencontrées dans neuf trajectoires sur quinze, et les entretiens avec les manipulateurs, qui expriment ces difficultés pour identifier les écarts de positionnement, confirment ce résultat.

	Difficultés	Description	Illustration
1	Des difficultés pour savoir quels repères anatomiques doivent être pris en compte dans la comparaison	Les manipulateurs ont du mal à savoir quels repères anatomiques ils doivent prendre en compte pour comparer les images de contrôle entre elles : « Une des difficultés qu'on a avec le Matching c'est qu'on peut être un peu perdu [...] Moi je n'ai pas encore mes repères » (Manipulateur X). Lors de la formation par compagnonnage ils ont tendance à être trop restrictifs dans les repères considérés.	Par exemple, dans le cas d'un contrôle du positionnement pour un pelvis, la manipulatrice N, en formation, prenait en considération certains repères sans élargir à la diaphyse : « Est-ce que tu peux juste descendre sur le fémur stp ? Je voudrais juste voir la diaphyse en fait » (Manipulatrice formatrice AL, à manipulatrice en formation N). C'est alors la manipulatrice formatrice AL qui lui demande de prendre en compte ce repère. Il en est de même pour la manipulatrice en formation M qui, dans le cadre du contrôle du positionnement pour un autre pelvis, contrôlait certains repères sans considérer les vertèbres du haut et la crête. C'est également la manipulatrice qui la forme (AU) qui lui indique de prendre en compte ces repères dans la comparaison.
2	Des difficultés pour trouver la correspondance d'un même repère anatomique entre les images superposées	Les manipulateurs ont du mal à voir la correspondance d'un même repère anatomique entre les images de contrôle qui sont superposées l'une sur l'autre.	Par exemple, alors que le manipulateur C, en formation, est en train de contrôler les images d'un ORL, il a du mal à trouver la correspondance entre les images au niveau des épineuses (extrait 1) et des corps vertébraux (extrait 2). Il n'arrive donc pas à savoir comment déplacer les images pour réduire les écarts de positionnement et demande alors de l'aide au manipulateur qui le forme. <u>Extrait 1</u> : « C'est quand même... C'est lequel qui va avec lequel ? Là il y a le grand espace donc c'est celui-là, donc logiquement ça veut dire qu'il faut, qu'il faut... on va bouger [il voit un décalage en hauteur et le réduit en bougeant les images] ». <u>Extrait 2</u> : « Ca, c'est la même épineuse donc il faut la mettre ... c'est mieux ? ».

Difficultés	Description	Illustration
<p>Des difficultés pour identifier les petits décalages de positionnement</p>	<p>Pour les décalages de positionnement ayant le plus d'ampleur, les manipulateurs ne rencontrent pas de difficulté particulière. Il n'en est pas de même pour les « petits » décalages, notamment lorsque la visibilité des structures osseuses n'est pas optimale sur les images, c'est à dire lorsque les DRR ont un niveau de netteté moindre par rapport aux images du jour²⁷.</p>	<p>Par exemple, alors que le manipulateur C est en train de contrôler le positionnement d'un ORL²⁸, il identifie très rapidement les écarts les plus importants en termes d'ampleur qui se situent au niveau de la mandibule et des orbites. Par contre, il ne voit pas un petit décalage en vertical. C'est la manipulatrice M, plus expérimentée que lui dans l'usage du SIM, qui intervient pour l'aider :</p> <p><u>Manipulatrice M</u> : « Non, non attend, t'as un souci d'écart... Y'a une verticale là [elle lui indique qu'il y a un décalage entre les structures osseuses sur le plan vertical, de bas en haut] ».</p> <p><u>Manipulateur C</u> : « Une verticale ? »</p> <p><u>Manipulatrice M</u> : « Oui, du vertical ! »</p> <p><u>Manipulateur C</u> : « Ah oui, peut-être. Il faudrait que ça soit comme ça ? [Il décale les images et demande l'avis de sa collègue]. Ah là on voit [Il se rend compte que les images sont bien positionnées] ».</p>

²⁷ Nous revenons sur ce manque de visibilité dans la partie 3.2.1.

²⁸ Nous sommes ici dans un cas de « premiers usages » du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) par le manipulateur C en séance de traitement réelle, alors qu'il n'a pas suivi la formation par compagnonnage.

	Difficultés	Description	Illustration
4	<p>Des difficultés pour identifier le contraste adapté pour améliorer la visibilité des repères anatomiques</p>	<p>Les manipulateurs ont du mal à définir le niveau de contraste adapté pour améliorer la visibilité des repères anatomiques qu'ils veulent contrôler, rendant l'identification des écarts de positionnement plus difficile.</p>	<p>Par exemple, alors que le manipulateur C contrôle le positionnement d'un ORL, il n'arrive pas à voir les écarts de positionnement car il ne sait pas comment améliorer le contraste des images. La manipulatrice M, plus expérimentée dans l'usage du SIM, lui vient en aide. Elle lui indique qu'il verra mieux les images s'il noircit la cloison nasale au niveau de l'image antérieure.</p> <p><u>Manipulateur C</u> : « Parce que sur l'ante on ne voit rien... [il indique qu'il n'arrive pas à voir les décalages sur les images antérieures de positionnement] »</p> <p><u>Manipulatrice M</u> : « Tu vois, si tu noircis tu arrives à avoir la cloison nasale [elle l'incite à utiliser un contraste plus sombre sur la cloison nasale de l'image antérieure de la DRR pour mieux voir les structures osseuses] »</p> <p><u>Manipulateur C</u> : « Laquelle ? La DRR ? Comme ça ? »</p> <p><u>Manipulatrice M</u> : « Après c'est toi qui vois aussi »</p> <p><u>Manipulateur C</u> : « Donc là on regarde à deux pour être sûrs parce que je n'ai pas encore l'habitude. J'ai un petit peu de mal des fois ».</p>

Tableau 6 - Les quatre difficultés typiques relatives à la manière de lire/interpréter les images de contrôle

5.1.1.2. Une déstabilisation différenciée qui s'explique par la nature des nouveautés techniques

Si l'instrument qui a nécessité le plus de transformations est celui relatif à l'identification des décalages, c'est notamment parce que la nouveauté technique la plus importante de l'appareil concerne cette dimension de l'activité des manipulateurs. Le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) présente en effet les images de contrôle de manière assez différente de celle des SIM en service jusqu'alors²⁹.

Ces nouvelles caractéristiques techniques ouvrent de nouvelles possibilités d'action pour les manipulateurs, notamment celle de mieux visualiser les repères anatomiques sur les images et d'identifier les écarts de positionnement avec plus de précision. Les difficultés qu'ils rencontrent dès les premiers usages témoignent toutefois du développement instrumental que cela nécessite, c'est-à-dire de la transformation cognitive qui est nécessaire pour pouvoir intégrer ces nouvelles dimensions techniques dans les instruments qui étaient stabilisés jusqu'alors.

5.1.2. Une période de déstabilisation abordée par les manipulateurs à l'aide des instruments développés et stabilisés jusqu'alors : entre ressource et risque

Nos résultats montrent que pour aborder cette période de déstabilisation / restabilisation des instruments de contrôle du positionnement avec le système d'imagerie, les manipulateurs mobilisent les instruments de contrôle du positionnement stabilisés jusqu'alors. Cette référence au passé et à l'actuel peut, dans certains cas, faciliter la prise en main du nouveau SIM, mais également être à l'origine d'une utilisation inappropriée de ce nouveau système d'imagerie. Nous détaillons ces deux cas de figure ci-après.

5.1.2.1. Des difficultés inégalement rencontrées par les manipulateurs en fonction de leurs expériences antérieures : les instruments stabilisés jusqu'alors comme ressource

La mobilisation des instruments stabilisés jusqu'alors par les manipulateurs pour aborder la nouveauté est rendue visible par les différences entre les manipulateurs dans la manière d'expérimenter ces difficultés. En effet, les manipulateurs ne font pas la même expérience des quatre difficultés typiques (cf. tableau 6) exposées dans la partie précédente, certains les expérimentant plus intensément que d'autres. Par exemple, nous illustrons ci-après la fréquence des difficultés rencontrées pour trois manipulateurs lors du premier jour d'utilisation du nouveau SIM, afin d'identifier les décalages de positionnement (tableau 7) :

		Manipulatrice M	Manipulateur C	Manipulatrice N
Difficultés pour :	Savoir quels repères anatomiques doivent être pris en compte dans la comparaison	Très peu fréquent	Fréquent	Fréquent
	Trouver la correspondance d'un même repère anatomique entre les images superposées	Jamais apparu	Peu fréquent	Peu fréquent
	Identifier les petits écarts de positionnement	Très peu fréquent	Peu fréquent	Peu fréquent
	Identifier le contraste adapté pour améliorer la visibilité des repères anatomiques	Très peu fréquent	Peu fréquent	Fréquent

Tableau 7 - Différences entre manipulateurs dans l'expérience des difficultés

Ce tableau montre une nette différence entre la manipulatrice M, qui rencontre très peu chacune de ces difficultés, comparativement aux manipulateurs C et N. Ces différences s'expliquent par les

²⁹ Ces différences sont relatives à la possibilité d'acquérir des images de meilleure qualité (KV), permettant une meilleure visibilité des structures anatomiques, ainsi qu'au fait que les images sont superposées (permettant une visibilité simultanée de deux paires d'images antérieures et latérales) et appariées (le déplacement d'une paire agit sur le positionnement de l'autre paire).

expériences antérieures des manipulateurs avec des SIM, et par les instruments qu'ils ont stabilisés dans l'utilisation répétée de ces systèmes.

La manipulatrice M a en effet l'habitude d'utiliser un SIM du même type, c'est-à-dire produit par le même concepteur, avec un niveau d'automatisation similaire et récemment mis sur le marché (< 5 ans). Ce n'est pas le cas des manipulateurs C et N qui ont plutôt l'habitude d'utiliser un SIM produit par un autre concepteur, avec un niveau d'automatisation moindre et plus anciennement mis sur le marché (≈ 15 ans). La manipulatrice M aborde ainsi le nouveau SIM avec des instruments qui sont plus proches de ceux qui seront mis en œuvre avec ce dernier, puisque les caractéristiques techniques de ce nouveau SIM sont également proches. Les instruments développés par les manipulateurs C et N vont nécessiter quant à eux des transformations plus importantes.

Cela se manifeste par des différences dans la prise en main et le besoin d'accompagnement lors des premiers usages. Par exemple, lors des premiers usages du nouveau SIM :

- Concernant l'identification du contraste adapté pour améliorer la visibilité des repères anatomiques, la manipulatrice M, recherche rapidement l'emplacement de la fonctionnalité « réglette de contraste », tandis que la manipulatrice N a besoin d'aide pour utiliser cette fonctionnalité. Elle est par ailleurs perdue face au nombre important de filtres de contraste qu'elle n'avait pas l'habitude d'utiliser de manière aussi précise et fréquente sur les autres SIM ;
- Concernant la comparaison des repères anatomiques, la manipulatrice M parvient à les comparer et à identifier tous les décalages de positionnement sans aide de la part du manipulateur formateur, tandis que la manipulatrice N est guidée pas à pas pour savoir quels sont les repères à prendre en compte, et manque l'identification d'un décalage en longitudinal.

Cela se manifeste également par le niveau de confiance accordé au nouveau SIM. Le fait d'avoir eu l'habitude d'utiliser des SIM présentant un niveau d'automatisation proche favorise la confiance accordée au nouveau SIM. Par exemple une manipulatrice³⁰ fait le rapprochement entre le nouveau SIM et un autre SIM, le système « ExacTrac »³¹, qui présentait lors de sa mise en fonctionnement un niveau d'automatisation plus important que celui qui était utilisé jusqu'alors, et pour lequel elle avait rencontré des difficultés. Ayant fait l'expérience répétée de l'efficacité du système « ExacTrac » pour trouver des décalages de positionnement plus importants que ceux qu'elle avait l'habitude de trouver, elle a plus de facilité pour faire confiance au nouveau SIM : « Avec l'ExacTrac, au début on avait beaucoup de mal. On se disait 'c'est pas possible qu'il nous demande autant de décalages' et après on a vu au fur et à mesure qu'à chaque fois il avait raison. On n'a pas trouvé de cas où il avait tort. Si l'ExacTrac avait raison, pourquoi le Truebeam aurait tort ? ».

A l'inverse, les manipulateurs qui n'ont pas eu l'occasion d'utiliser des SIM présentant un niveau d'automatisation proche du nouveau ont plus de difficultés pour accorder leur confiance. C'est notamment le cas pour repositionner la table de traitement qui se fait maintenant depuis la console, sans avoir à entrer dans la salle, alors que ce n'était pas le cas auparavant : « C'est comme si tu pilotais quelque chose à distance, tu sais que tu ne touches pas. Tu n'es pas à même de contrôler tout de suite. Quand tu décales ton patient en salle, tu peux le rattraper, tu as un contrôle manuel. Alors que si tu es au pupitre, tu lances et tu dois faire confiance à la machine » (Manipulatrice N).

Ainsi, l'expérience antérieure des manipulateurs avec d'autres SIM, et les instruments qu'ils ont développés et stabilisés au contact de ces SIM jouent un rôle dans l'appropriation de la nouveauté. Si cela peut constituer une ressource pour l'appropriation, aborder la nouveauté au seul prisme des

³⁰ Il s'agit de la manipulatrice V.

³¹ © Brainlab

instruments développés jusqu'alors peut également constituer un risque en étant à l'origine d'une utilisation inappropriée du nouveau SIM.

5.1.2.2. Les instruments stabilisés jusqu'alors : un risque d'utilisation inappropriée du nouveau SIM

Cela peut en effet amener les manipulateurs à utiliser le nouveau SIM « *comme avant* » alors que son utilisation nécessite des changements importants dans la manière de faire.

Par exemple, le nouvel appareil de traitement introduit une nouvelle étape lors de la mise en place de chaque patient : les manipulateurs doivent en effet régler l'imageur alors que cette étape n'existe pas sur les appareils plus anciens. Cette nouvelle étape est à l'origine d'une transformation de l'instrument de préparation des images de contrôle des manipulateurs, avec le développement d'une nouvelle compétence qui consiste à définir une zone d'intérêt³². Lors de notre recherche, nous avons assisté à une séance de traitement au cours de laquelle le manipulateur C, qui n'avait pas eu l'occasion de suivre la formation par compagnonnage, mobilise son instrument de préparation des images stabilisé jusqu'alors, n'intégrant donc pas cette nouvelle étape. Une fois le patient positionné sur la table de traitement, le manipulateur C, au pupitre, prend donc un cliché de positionnement du patient sans régler l'imageur, ce qui a pour conséquence de produire des images blanches, où les structures osseuses ne sont pas visibles. Il ne comprend pas d'où vient le problème, et demande de l'aide à un collègue, qui lui fait remarquer qu'il a oublié de régler l'imageur. Son collègue supprime alors toutes les images programmées pour la séance et les reprogramme.

Cette situation nous semble importante à souligner du point de vue de l'analyse de risques. D'abord, cette empreinte de l'expérience actuelle et passée pour aborder la nouveauté est ici à l'origine d'une utilisation inappropriée de l'imageur, problématique d'un point de vue de la radioprotection des patients. Un cliché a en effet été pris « *pour rien* », délivrant une dose inutile au patient. Même si cette dose n'est pas élevée, et qu'elle ne constitue pas un risque en tant que tel pour le patient, cette situation témoigne d'un cas de figure où l'objectif d'optimisation de la dose délivrée est impacté du fait de la déstabilisation des instruments et des pratiques due à l'introduction du nouveau système d'imagerie médicale. L'utilisation inappropriée du SIM a été rapidement identifiée par le collègue du manipulateur C, mais d'autres clichés auraient pu être pris de la même manière en l'absence d'encadrement par son collègue plus expérimenté. Cette fragilisation des pratiques induite par l'introduction d'un nouvel appareil de traitement nécessite donc d'être identifiée et approfondie, notamment parce qu'elles peuvent être le lieu de l'émergence de risques non identifiables aisément et rapidement.

Par ailleurs, cette situation illustre le fait que les premiers usages d'un nouvel appareil de traitement n'interviennent pas toujours dans le cadre d'une formation. Pour autant, elles sont à encadrer davantage, sachant que des premiers usages qui ont lieu en situation quotidienne de travail constituent des conditions moins optimales. Dans ces conditions en effet, il existe une concomitance entre l'expérimentation de la nouveauté, les difficultés rencontrées et la réalisation de l'activité quotidienne au sein du service, pouvant entraîner des risques pour la sécurité du patient, *a minima* vis-à-vis de l'objectif d'optimisation de la dose qui lui est délivrée.

³² Il s'agit de diaphragmer les images de référence, antérieure et latérale, du patient afin de sélectionner les structures anatomiques qui seront visibles pour la comparaison.

5.1.3. Une période qui se caractérise par des phénomènes de projection dans l'activité future

5.1.3.1. Un mode de raisonnement projectif spontanément mis en œuvre par les manipulateurs

Cette période de déstabilisation/ restabilisation des instruments de contrôle du positionnement est marquée par des phénomènes de « projection », c'est-à-dire des moments où les manipulateurs envisagent, sur la base de ce qu'ils expérimentent du nouveau SIM ici et maintenant, la façon dont leur activité va être transformée une fois qu'il sera installé dans leur service. Ces phénomènes de projection interviennent dès les tout premiers usages du nouvel appareil de traitement, notamment dans le cadre de la formation par compagnonnage, mais également avant même la rencontre physique avec le nouvel appareil de traitement, lors de *staffs* techniques au sein du service.

La figure 13 ci-dessous illustre ce phénomène de projection. Il s'agit d'un moment lors de la formation par compagnonnage où une manipulatrice en formation (à gauche) est en train d'apprendre à utiliser le nouvel appareil de traitement, accompagnée par une manipulatrice formatrice (à droite). La bulle représente une projection faite par la manipulatrice en formation concernant l'utilisation possible, dans son service, de nouveaux repères permettant de contrôler les images de positionnement des cancers de la prostate.

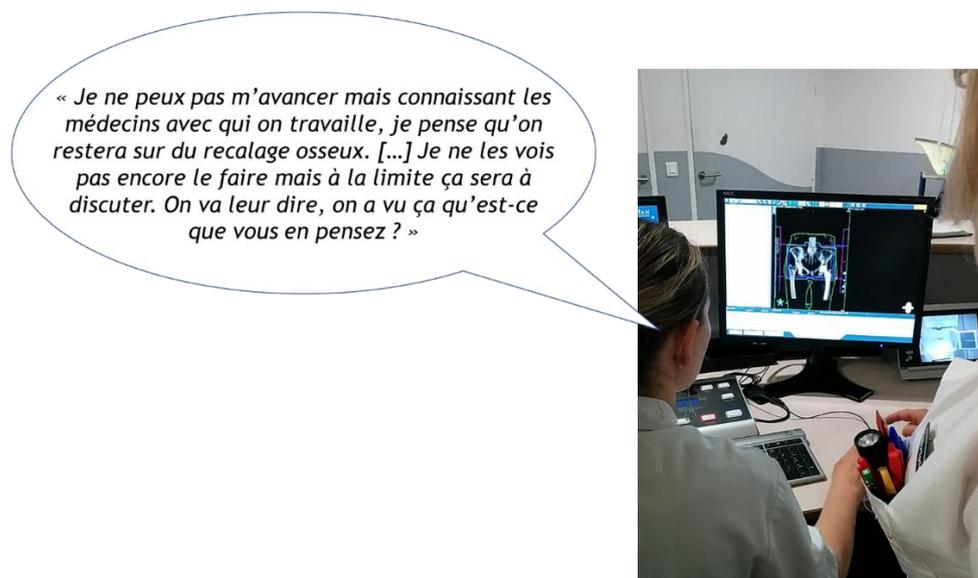


Figure 13 - Illustration du phénomène de projection

Ce phénomène de projection se rapproche du mode de raisonnement que l'ergonomie cherche à faire advenir dans le cadre des simulations du travail (Daniellou, 2007), qui ont pour objectif d'approcher l'activité future des acteurs et d'identifier, très tôt, les problèmes qui sont susceptibles de se poser pour leur santé, leur sécurité ou la performance. A l'instar des modes de raisonnement projectifs provoqués au sein de ces simulations, les manipulateurs « *construisent un récit détaillé de modes opératoires possibles* » afin de « *détecter à temps des propriétés du futur système de travail susceptibles de provoquer des risques ou des dysfonctionnements* » (ibid, p. 80). Il s'agit ici pour les manipulateurs de « *vérifier que les savoir-faire qu'ils ont élaborés dans leur expérience passée, et qui constituent leur compétence concrète, soient toujours efficaces dans la situation future, éventuellement au prix d'ajustements ou de développements de nouveaux savoir-faire qui peuvent être, eux aussi, anticipés* » (Van Belleghem, 2012, p.2).

5.1.3.2. Des projections plus ou moins assurées, qui impactent l'apprentissage des manipulateurs lors des premiers usages du nouveau SIM

En fonction du degré de certitude associé aux informations qui leur sont transmises concernant la manière dont l'appareil de traitement va être utilisé dans leur propre service, les projections sont plus ou moins assurées, impactant l'apprentissage des manipulateurs lors des premiers usages du nouvel appareil.

En effet, lorsque les informations qui leur sont transmises (en staff technique, en formation, dans le cadre de moments informels, etc.) leur permettent d'avoir une idée assez précise de l'utilisation future du nouvel appareil de traitement dans le service, les **projections des manipulateurs sont plus assurées** ; leur permettant alors d'envisager des évolutions fortement probables de leur activité :

« Personnellement, je pense que sur un recalage osseux, surtout sur une prostate, un pelvis, on a quelque chose de très, voilà, très cohérent, on se repositionne sur quelque chose de fixe, etc. Après, effectivement cette histoire de gaz [les gaz intestinaux], on ne sait pas gérer avec de l'osseux. Mais à la fois, pour parler de ce qu'on fait maintenant à XXX, sur un cliché MV [Mégavolt, donnant des images moins nettes] on s'en rendra compte. Tout au moins, on se posera la question, on aura l'interrogation » (Manipulatrice M)

La manipulatrice M sait qu'elle aura les mêmes types de clichés (KiloVolt) sur l'appareil de traitement qu'elle utilisera dans son service. Cela lui permet de se projeter clairement dans son activité future, et d'envisager le fait qu'elle sera alors en mesure de mieux voir la présence de gaz intestinaux avec ces clichés en KiloVolt qui diffèrent des clichés en Mégavolt utilisés jusqu'alors avec les autres appareils de traitement.

A contrario, lorsque les informations transmises ne permettent pas d'avoir une idée précise de l'utilisation future du nouvel appareil de traitement dans le service, les **projections des manipulateurs sont plus incertaines** ; ils envisagent des évolutions probables, en se basant sur les connaissances qu'ils ont du service et des habitudes de leurs collègues pour imaginer les impacts du nouvel appareil de traitement sur leur activité :

« C'est une autre organisation je pense. Il faut qu'on prenne de nouveau des bons pas, il faut qu'on se donne les moyens. C'est pour ça que dès le départ, il faut qu'on puisse nous donner aussi le planning. Ils ont aucun doublon [la manipulatrice fait ici référence au fait que les manipulateurs formateurs n'ont pas deux patients par rendez-vous mais un seul à la fois]. Nous on a des doublons partout ! C'est un stress supplémentaire si dès le début ils nous disent 'voilà on va vous blinder' ça craint. Nous, il ne faut pas qu'on se stresse là au commencement, du stress avec la machine déjà parce qu'on ne la connaît pas vraiment voire pas du tout même, je peux dire qu'on ne la connaît pas. Il ne faut pas nous en mettre une quinzaine dès la première semaine quoi. Il faut nous laisser le temps de travailler » (Manipulatrice N)

La manipulatrice N n'a pas ici une idée précise du nombre de patients qu'elle devra traiter dès la mise en fonctionnement du nouvel appareil, ni de l'évolution du nombre de patients au fil des premiers jours d'utilisation de la machine. Aussi, afin de pouvoir envisager l'évolution de sa charge de travail, elle se réfère au nombre de patients qu'elle traite actuellement sur les autres appareils.

Ces différents degrés de certitude des projections réalisées par les manipulateurs impactent leur apprentissage lors des premiers usages du nouvel appareil. Lorsque les projections sont incertaines, les manipulateurs ne savent pas exactement sur quoi porter leur attention lors de la formation, et ont tendance à apprendre tout ce qui leur paraît important sans être certains que cela leur servira lorsque l'appareil sera en fonctionnement dans leur service. Nos résultats montrent également que le fait de ne pas pouvoir se projeter de manière assurée peut entraîner de la crainte de la part des manipulateurs. Van Belleghem (2012) a eu l'occasion de souligner cet aspect, en précisant que

« lorsque la conduite de projet ne permet pas cette projection, la 'peur de ne pas y arriver' prend place, légitimement » (p. 2).

Nous allons voir maintenant qu'au-delà de ces caractéristiques individuelles de l'appropriation, cette déstabilisation / restabilisation intervient également à différents niveaux collectifs, entraînant une déstabilisation de plus grande ampleur, allant jusqu'à une déstabilisation à la maille du service.

5.2. Une période de déstabilisation/ restabilisation des instruments de contrôle du positionnement à différents niveaux du collectif

5.2.1. Une déstabilisation / restabilisation de la coordination au sein du binôme de manipulateurs

Nous l'avons vu dans la partie précédente, le nouvel appareil de traitement présente une automatisation et une informatisation plus grandes. L'ajustement de la table de traitement se fait à distance depuis le poste de contrôle, ainsi que le positionnement du bras de l'accélérateur, alors qu'ils nécessitaient le déplacement des manipulateurs en salle de traitement jusque-là. En effet sur les autres appareils de traitement, lorsque les manipulateurs contrôlaient les images d'un patient, ils devaient se déplacer *a minima* trois fois pour effectuer différentes actions dans la salle de traitement :

- ajuster manuellement le positionnement de la table de traitement afin de réduire les écarts trouvés entre les images de contrôle, et ce dès que les écarts étaient supérieurs à 0,3 cm ;
- positionner le bras de l'accélérateur afin qu'il soit à la bonne position pour pouvoir acquérir l'image d'un champ de traitement ;
- repositionner le bras entre chaque champ de traitement.

Les manipulateurs devront se déplacer à présent uniquement lorsque les écarts trouvés entre les images seront supérieurs à 2 cm, ce qui devrait considérablement diminuer les déplacements en salle de traitement.

Nos analyses montrent que cette diminution des déplacements est à l'origine d'une transformation de la coordination au sein du binôme de manipulateurs. D'une coordination autour de la distribution spatiale du traitement « **salle de traitement/console** » nous sommes passés à une coordination au service de la comparaison des images. Avec les autres SIM, un manipulateur était chargé d'effectuer les actions en salle de traitement tandis que l'autre manipulateur restait à la console. Cela était particulièrement le cas pour le positionnement du bras de l'accélérateur, où la coordination consistait à déplacer le bras en salle de traitement puis, à s'assurer que la position du bras était en adéquation avec le champ sélectionné à la console. Avec le nouveau SIM, le manipulateur à la console gère seul le déplacement du bras à distance depuis la console et n'a plus besoin de se coordonner avec son binôme. Le manipulateur qui n'est pas à la console prend en charge tout ce qui est périphérique, permettant à son binôme de prendre le temps supplémentaire nécessaire à la comparaison des images. Ainsi, tandis que l'un s'occupe de la comparaison entre les images de contrôle, l'autre se charge de la feuille de traitement, de répondre au téléphone, etc. L'appropriation du nouvel appareil de traitement a ainsi transformé la coordination au sein du binôme de manipulateurs, passant d'une coordination tournée vers le besoin de vérifier l'adéquation entre la position du bras et le champ sélectionné à une coordination au service de la comparaison des images.

Manipulatrice N : la DRR, on ne voit pas bien. Mais apparemment, ça a été validé par les manips de Novalis [cette manière de réaliser la DRR a été validé par des manips qui travaillent sur un autre poste de traitement, avec un appareil de traitement différent du Truebeam]. Ça craint un petit peu parce que ça veut dire qu'on n'est pas du tout d'accord sur la façon de voir les choses [qu'ils ne sont pas d'accord sur la façon de voir les structures osseuses, de les comparer]. Il faut qu'on se mette d'accord avec eux, qu'on trouve une solution pour bien voir, par localisation.

Manipulatrice N : [parle à son collègue] J ! Au fait, la physicienne est venue et c'est les manips du Novalis qui ont choisi les constantes ! (débriefting post traitement, ORL, manip N)

- la délimitation des volumes cibles tumoraux à irradier : les contourages des organes à risques qui apparaissent sur les images de référence (DRR) peuvent également gêner les manipulateurs pour voir et comparer des repères anatomiques entre les images³³. Ces contourages constituent une source récurrente de contrainte pour l'activité des manipulateurs lors de la délivrance du traitement. Par exemple, une manipulatrice ne pouvait pas voir les rebords antérieurs sur l'image de référence alors qu'elle les voyait correctement sur l'image du jour, rendant l'identification des écarts plus difficiles.

Manipulatrice N : La difficulté mais encore là ça allait c'est pour la DRR, l'image qu'on fait le jour même à superposer avec la DRR, c'est toujours compliqué pour nous. En fait, ce qui est compliqué c'est qu'elle est trop floue la DRR. Tu vois bien, elle est floue, il faut la retravailler. Il y a les contourages des organes à risque qui sont contourés et du coup ça nous pose problème pour nous pour superposer nos images de contrôle avec la DRR parce que ça superpose sur les contourages et du coup on ne voit pas bien, comme là tu vois je voyais bien les rebords antérieurs et là je ne les vois pas du tout parce que ce trait là il est pile dedans. Donc du coup, je ne sais pas où ça se situe. Ce qui nous pose problème, c'est les contourages qui ont été faits sur la DRR avec la superposition de nos images qu'on fait quotidienne.

5.2.2.2. Une activité collective transverse de construction de la qualité des images de référence

Cette structuration de l'activité de contrôle du positionnement avec le SIM à l'étape de délivrance du traitement, par des étapes en amont du processus de radiothérapie, témoigne de l'interdépendance entre les contributions des différents acteurs engagés dans les différentes étapes du processus de radiothérapie. Il s'agit d'une activité collective qui dépasse les frontières du binôme de manipulateurs, une activité collective transverse (Poret & al, 2016 ; Munoz & al, 2015 ; Poret, 2015 ; Motté & Haradj, 2010) réalisée par différents professionnels engagés dans ce processus (radiothérapeutes, médecins médicaux, dosimétristes et manipulateurs) et qui se caractérise par une interdépendance entre les contributions de ces différents acteurs. Ici, c'est la qualité de l'image de référence (DRR), essentielle pour les manipulateurs dans le cadre du contrôle du positionnement du patient, qui se construit en amont de l'étape de délivrance du traitement. Il s'agit donc d'une activité collective transverse de construction de la qualité des images de référence, qui intervient au fil des étapes du processus de radiothérapie. Cette activité collective transverse doit permettre à chaque acteur de prendre des images et de les mobiliser en fonction des objectifs propres à son activité, tout en permettant aux manipulateurs, en bout de processus, de reprendre ces images et de les mobiliser au service du contrôle du positionnement du patient. La qualité des images de référence se construit ainsi à

³³ Ces contourages sont principalement réalisés par les médecins, et permettent aux médecins médicaux de mettre en place les études dosimétriques, c'est-à-dire de concentrer la dose prescrite sur les volumes cibles tumoraux en évitant le plus possible les zones saines environnantes.

l'articulation entre des critères de qualité propres à chaque métier et des critères partagés au niveau du processus d'ensemble.

L'introduction du nouveau SIM, qui offre une qualité d'image nettement meilleure par rapport aux autres SIM en service, déstabilise cette activité collective transverse dans le sens où la qualité de l'image de référence (DRR) doit évoluer en conséquence pour que la comparaison entre les images soit possible lors de la délivrance du traitement³⁴. Si ce besoin pour la réalisation de l'activité des manipulateurs au cours de la délivrance du traitement n'est pas pris en compte au niveau du processus de radiothérapie dans son ensemble, l'activité des manipulateurs pour contrôler le positionnement des patients est rendue plus difficile³⁵. C'est le cas ici, où la structuration de l'activité des manipulateurs par l'activité collective transverse de construction de la qualité des images témoigne d'une appropriation collective non stabilisée.

Par ailleurs, ce résultat montre que l'introduction du nouvel appareil de traitement implique une appropriation collective au niveau du service, y compris par des acteurs qui ne l'utilisent pas. Les acteurs engagés dans l'étape de préparation ne seront pas amenés à contrôler le positionnement des patients avec cet appareil, mais leurs contributions s'inscrivent plus largement dans une activité collective transverse de construction de la qualité des images, essentielle pour que les manipulateurs puissent contrôler le positionnement.

5.2.2.3. Un raisonnement projectif des manipulateurs qui intègre nécessairement des éléments relatifs à l'activité collective transverse

Cette activité collective transverse de construction de la qualité des images qui se développe dans le cadre du processus de radiothérapie structure également les projections réalisées par les manipulateurs. Si nous reprenons l'exemple présenté en 5.1.3.1, nous pouvons voir que la manipulatrice, en se projetant dans son activité future, a nécessairement besoin d'intégrer cette projection dans un contexte organisationnel et d'envisager les transformations induites par ces nouveaux repères à l'aune des habitudes de travail des collègues et des autres métiers de la radiothérapie. Elle imagine notamment ce que les médecins pourraient décider pour le service, relativement à l'utilisation des grains d'or comme repère permettant le contrôle des images de positionnement des cancers de la prostate : « [...] connaissant les médecins avec qui on travaille, je pense qu'on restera sur du recalage osseux [...] je ne les vois pas encore le faire [...] ».

5.2.3. Une dynamique de convergence progressive vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé au niveau du processus

5.2.3.1. Une appropriation caractérisée par une convergence individuelle-collective vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé

Si on quitte le point de vue de l'activité des manipulateurs pour regarder ce qui se passe au niveau du service dans son ensemble³⁶, nos résultats montrent que l'introduction du nouveau SIM déstabilise les manières de travailler ensemble au niveau du processus, nécessitant une appropriation collective qui devrait prendre la forme d'une « zone relativement stable de fonctionnement partagé » (Cuvelier, 2014, p. 144). Les différentes appropriations réalisées au niveau local de chaque acteur et de chaque métier sont en interdépendance et progressivement, tendent vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé qui permet à tous et à chacun de réaliser correctement son activité, selon les

³⁴ Si de telles difficultés pouvaient être constatées avant l'introduction du nouvel appareil de traitement dans le service, elles sont exacerbées par ce nouvel appareil de traitement dont les caractéristiques techniques relatives à la qualité des images impliquent de re-questionner la qualité des images de référence.

³⁵ A cet égard, la qualité des images peut être contrainte par un critère d'optimisation de la dose.

³⁶ Il s'agit d'une prise de hauteur qui part de l'activité des manipulateurs, mais qui permet de montrer une dynamique générale au niveau du service.

critères de qualité et d'efficacité qui sont propres à chacun des métiers, sans empêcher ou compliquer l'activité des autres acteurs du processus (figure 15). Sans cela, la performance du processus d'ensemble est impactée et/ou, comme illustré en 5.2.2, l'activité de certains est rendue difficile du fait d'une structuration de cette activité par des éléments de l'activité collective transverse.

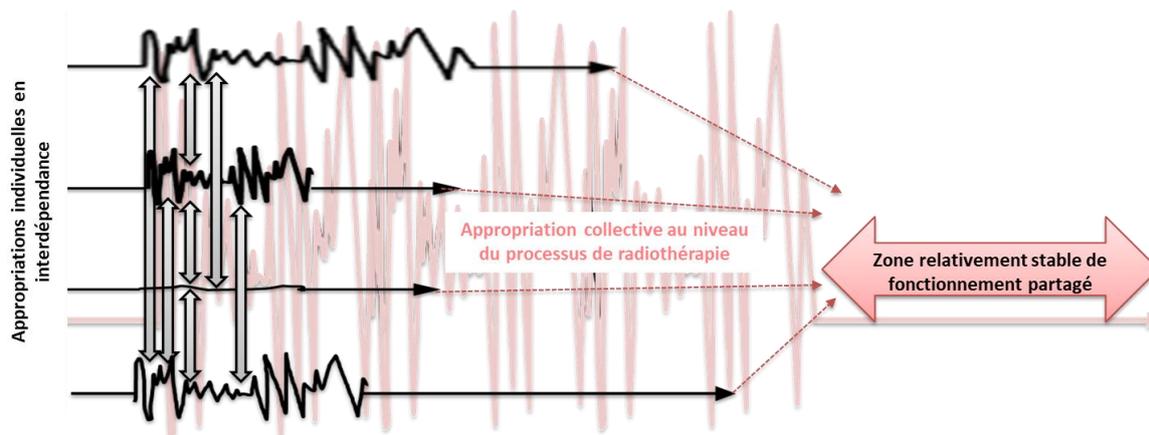


Figure 15 - Une dynamique de convergence vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé, à l'articulation entre appropriations individuelles et collective transverse

En effet, faire l'expérience du nouvel appareil de traitement au niveau de chaque métier permet d'appréhender progressivement les transformations engendrées par cet appareil et leur impact sur chacun de ces métiers, mais aussi sur le service en général. Ceci est à l'origine de remises en question au niveau du processus, afin de tendre progressivement vers cette zone relativement stable de fonctionnement partagé. Nous illustrons ci-après ces remises en question qui interviennent dans le cadre de l'appropriation collective du nouvel appareil de traitement relativement à l'acquisition des images de contrôle.

5.2.3.2. Une relative stabilité collective qui passe par des remises en question au niveau du processus : le cas de l'acquisition des images

Le nouvel appareil de traitement est à l'origine d'une augmentation de la fréquence d'acquisition des images puisque les manipulateurs contrôlent le positionnement du patient à chaque séance avec des images de contrôle, alors qu'ils le faisaient une fois par semaine auparavant. Cette augmentation est à l'origine d'un allongement du temps des séances de traitement et donc d'une diminution du nombre de patients pouvant être traités quotidiennement. En effet, sur l'ancien appareil de traitement les manipulateurs pouvaient traiter en moyenne 55 patients par jour, contre 35 avec le nouvel appareil. Dès le premier mois d'utilisation du nouvel appareil de traitement dans le service, qui correspond à la période de montée en charge du nombre de patients traités, des médecins ont remis en question la pertinence de cette augmentation de la fréquence du contrôle des images de positionnement. Cette remise en question était motivée notamment par la diminution du nombre de patients pouvant être traités sur le nouvel appareil, entraînant des difficultés au niveau du service. En effet, le service devait « absorber » cette augmentation du temps des séances de traitement et redistribuer les patients déjà traités dans le service en fonction des machines disponibles. Les médecins craignaient de ne pas pouvoir accepter de nouveaux patients dans un délai raisonnable du fait que tous les créneaux étaient pris. Finalement, la fréquence de contrôle des images de positionnement n'a pas été modifiée.

Les médecins se sont également engagés dans une remise en question de leur protocoles d'acquisition d'images afin de les homogénéiser entre médecins, et ainsi de faciliter l'activité des manipulateurs. Ces remises en questions ont commencé dès la première semaine d'utilisation du nouvel appareil de traitement dans le service. Il s'agissait de discussions collectives, principalement entre les oncologues-

radiothérapeutes et les physiciens médicaux qui disposent d'une connaissance des possibilités techniques du système d'imagerie :

« Il y a une réunion à 14h avec les médecins et la physique pour statuer sur les images de contrôle à réaliser quotidiennement et sur les mises en place. C'est surtout X [oncologue du service] qui pose problème : elle veut des doubles expositions en KV KV sur chaque champ mais ça ne sert à rien. Il faut qu'on se mette d'accord sur les clichés à réaliser » (Manipulatrice N)

Trois mois après la mise en fonctionnement du nouvel appareil de traitement dans le service, ces protocoles ne sont toujours pas stabilisés. Malgré les efforts des oncologues radiothérapeutes et des physiciens médicaux, il existe encore des disparités qui gênent l'activité des manipulateurs pour contrôler le positionnement des patients³⁷. Cela témoigne du caractère non trivial de ces remises en question et du temps nécessaire pour transformer collectivement les pratiques³⁸.

5.2.3.3. Une convergence globale progressive qui entraîne des tâtonnements instrumentaux au niveau local

Cette dynamique de convergence au niveau global du processus vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé, et les remises en question collectives qui la caractérise, sont à l'origine de tâtonnements instrumentaux au niveau local. Les instruments au niveau local se transforment en effet au fil des remises en question et des manières d'y répondre, entraînant une instabilité instrumentale. Le tableau ci-après donne deux manifestations possibles de cette instabilité, qui peut prendre la forme de retours en arrière dans le développement des instruments ainsi que d'instruments « hybrides » où coexistent des parties antérieures et faisant suite au changement technique. Nous illustrons ces deux phénomènes dans le tableau 8 ci-après.

³⁷ Cf. 5.2.2

³⁸ A cet égard, cette hétérogénéité des pratiques a été soulignée par l'IRSN dans l'état des lieux qu'il a réalisé concernant les pratiques relatives à l'utilisation de l'imagerie de positionnement et à la gestion de ces doses par les services de radiothérapie en France (Avis IRSN n°2020-00169). L'une des recommandations concerne notamment « la mise en place d'un groupe pluridisciplinaire d'IGRT au sein de chaque service de radiothérapie constitué notamment des oncologues-radiothérapeutes, des physiciens médicaux, des manipulateurs et des dosimétristes ».

Des tâtonnements instrumentaux

Des retours en arrière dans le développement des instruments

Ces retours en arrière se caractérisent par une transformation instrumentale initiée lors des premiers usages, où des difficultés d'utilisation sont constatées, puis commencent à s'amenuiser, puis, un retour à l'instrument tel qu'il était avant les premiers usages. Ces retours en arrière sont provoqués par des décisions prises au niveau du service, à l'issue de remises en question de manières de faire, notamment par les médecins.

Par exemple, concernant l'instrument d'identification des décalages, avant l'introduction du nouvel appareil de traitement les manipulateurs vérifiaient les images de contrôle des prostates sur la base des structures osseuses du bassin.

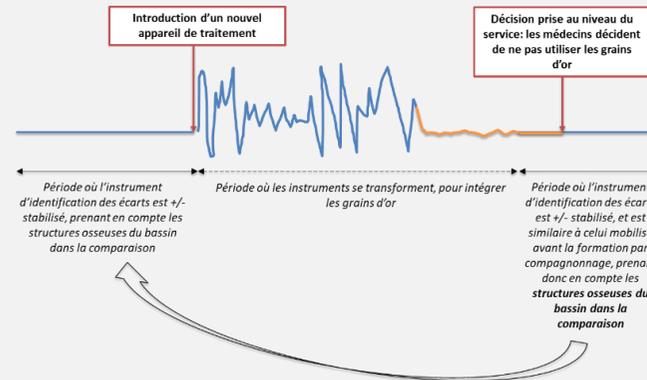


Figure 16 - Un exemple de retour en arrière concernant l'instrument d'identification des décalages de positionnement pour les cancers de la prostate

Lors de la formation par compagnonnage, les manipulateurs en formation ont appris à comparer les images sur la base de « grains d'or » introduits dans la prostate du patient avant le début des séances de radiothérapie³⁹. Pour les manipulateurs formateurs qui ont l'habitude contrôler le positionnement sur la base de ces repères, les grains d'or présentent l'avantage de permettre un meilleur contrôle du positionnement de la prostate, qui peut être déplacée par des gaz intestinaux, des ballonnements, etc. Ainsi, les structures anatomiques du bassin continuent d'être vérifiées, mais secondairement par rapport aux grains d'or. Lors de cette formation, la transformation des instruments des manipulateurs n'était pas aisée pour les manipulateurs en formation⁴⁰. Alors que la transformation instrumentale a été initiée, et que la manipulatrice ne semblait plus rencontrer de difficultés dès le troisième jour de la formation par compagnonnage, le développement de son instrument d'identification des décalages a connu un retour en arrière. Les médecins du service n'ayant pas choisi de généraliser la pratique des grains d'or dans leur service, les manipulateurs contrôlent de nouveau les structures osseuses du bassin dans le cas de cancers de la prostate.

³⁹ Ils sont généralement au nombre de 3, dont un introduit dans la zone anatomique de l'apex.

⁴⁰ Nous avons constaté à cette occasion la mobilisation d'instruments développés jusqu'alors pour appréhender la nouveauté relative aux grains d'or, amenant la manipulatrice en formation à continuer de contrôler le positionnement du patient à partir des structures osseuses du bassin, oubliant à plusieurs reprises de contrôler les grains d'or.

Des tâtonnements instrumentaux

Hybridation à partir d'ancien et de nouveau dans la composition des instruments

Il s'agit de cas de figure où coexistent des parties d'instruments à la fois antérieures au changement technologique et nouvelles, faisant suite à ce changement.

Par exemple, avant d'utiliser le nouvel appareil de traitement, les manipulateurs capturaient des champs de traitement lors de la Mise en Place (MEP) des patients. Lors de la formation par compagnonnage, les manipulateurs ont appris à utiliser la fonctionnalité permettant l'acquisition d'image en 3D⁴¹ intégrée sur l'appareil pour acquérir les images de positionnement du patient lors de la MEP, ainsi qu'à acquérir des images en 2D latérales et antérieures qui se superposent sur les images de référence. Ils ont ainsi initié des transformations de leurs instruments allant dans ce sens. Pendant les trois premiers mois d'utilisation du nouvel appareil de traitement dans leur service, les manipulateurs n'ont pas été amenés à utiliser les fonctionnalités 3D, principalement parce que la technique déployée sur le nouvel appareil de traitement sur cette période est une technique conformationnelle⁴² ne nécessitant ce type d'image plus longue à acquérir et plus irradiante pour le patient. Les manipulateurs ont donc continué, comme avant le changement technologique, d'acquérir des champs de traitement mais avec une différence : ils capturent également des images antérieures et latérales du positionnement qui sont superposées aux images de référence correspondantes⁴³. L'instrument de capture des images des manipulateurs mêle ainsi de l'ancien et du nouveau, et ceci est principalement lié aux besoins des médecins en termes de caractéristiques nécessaires des images de contrôle.

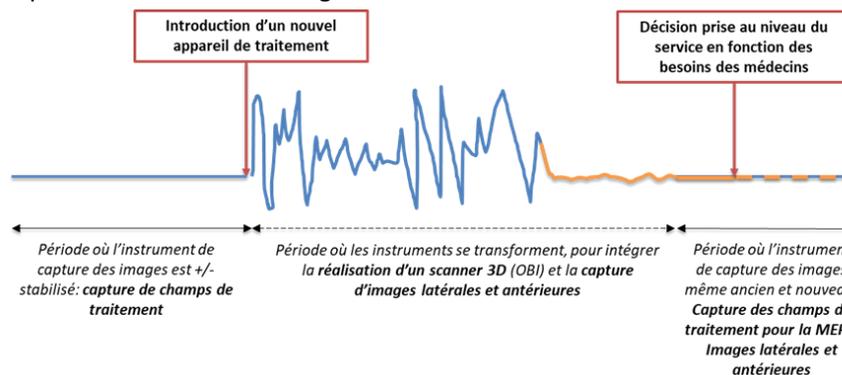


Figure 17 - Un exemple de coexistence d'ancien et de nouveau concernant l'instrument de préparation des images au contrôle du positionnement

⁴¹ Ou OBI, donnant des images en 3D.

⁴² Avec la technique conformationnelle, il n'est pas utile pour les médecins de disposer d'images en 3D pour contrôler l'évolution du positionnement des patients.

⁴³ L'acquisition des champs de traitement est encore possible parce qu'il s'agit d'un traitement en conformationnel. Si cela avait été un traitement avec arcthérapie, cela n'aurait pas été possible.

Des tâtonnements instrumentaux

Une précision est toutefois à apporter. Si l'instrument de capture des images des manipulateurs intègre toujours l'acquisition des champs de traitement, ces derniers n'ont plus la même signification pour eux. Autrefois directement pertinentes pour le contrôle du positionnement, elles sont aujourd'hui principalement acquises pour d'autres acteurs du processus de radiothérapie⁴⁴, témoignant d'une structuration de leur activité par une activité collective transverse au niveau du processus. Ces images sont en effet utiles à d'autres acteurs, en d'autres lieux et à d'autres moments du processus : « *Nous on vérifie le positionnement avec ce qu'on appelle le kv ant et lat et les champs, les images que l'on fait des champs de traitement sont devenues purement médico-légales. Car nous, notre positionnement, il se fait plus sur l'antérieur et le latéral en kv, les autres images on les fait parce que c'est médico-légal* » (Manipulatrice M).

Tableau 8 - Deux formes possibles de tâtonnements instrumentaux: retours en arrière & hybridation

⁴⁴ Notamment pour les médecins, en vue de leur archivage dans le dossier du patient. Cf. critère INCA n° 14 (https://www.e-cancer.fr/content/download/58314/531708/file/criteres_radiotherapie_160608.pdf).

5.2.3.4. Un exemple de zone relativement stable de fonctionnement partagé : le contrôle de la correction d'écarts préalablement identifiés

Lors de notre recherche, nous avons identifié une zone relativement stable de fonctionnement partagé pour contrôler la correction d'écarts préalablement identifiés.

Il s'agit d'un cas de figure où, après avoir identifié des écarts de positionnement supérieurs à 0,3 cm entre les images et actionné le déplacement de la table de traitement, les manipulateurs sont amenés à acquérir de nouvelles images pour s'assurer que les écarts préalablement identifiés ont bien disparu avec le déplacement de la table. Pour cela, deux solutions techniques sont proposées par le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) :

Possibilité technique n°1	Possibilité technique n°2
<p>Le manipulateur recapture systématiquement deux images de positionnement – antérieure et latérale – même si l'une d'elles n'est pas utile car elle n'a pas besoin d'être contrôlée. Selon l'emplacement des écarts trouvés en effet, les manipulateurs n'ont pas toujours besoin d'acquérir deux images, une seule pouvant suffire :</p> <p><i>« Si je trouve un décalage uniquement dans deux plans, je peux me permettre de refaire une seule image, je n'ai pas besoin des trois plans » (Manipulatrice M).</i></p>	<p>Les physiciens médicaux programment en amont des séances de traitement et pour chaque patient une image antérieure seule et une image latérale seule en plus des deux paires d'images systématiquement programmées.</p>

Tableau 9 – Deux possibilités techniques proposées par la machine

Dans l'utilisation quotidienne du nouveau SIM, les deux possibilités techniques proposées par la machine se sont révélées inadaptées pour répondre aux enjeux d'optimisation dosimétrique que les professionnels de la radiothérapie recherchent. En effet, la possibilité technique n°1 amenait à acquérir, certaines fois, une image inutile, amenant tout aussi inutilement à irradier le patient pour prendre une image qui ne servait à rien. La possibilité technique n°2 impliquait quant à elle une tâche supplémentaire coûteuse pour les physiciens médicaux qui doivent alors programmer plus d'images pour chaque séance, engendrant des plans de traitement très lourds qui sont à l'origine d'un ralentissement du système informatique lors des séances de traitement.

Ainsi, avec l'appui des physiciens médicaux de leur service, et en suivant des conseils donnés par les formateurs lors de la formation par compagnonnage, les manipulateurs se sont approprié le système d'imagerie médicale de manière à surmonter ces contraintes. La manière de faire diffère de celles qui ont été prévues par le constructeur de la machine. Elle permet de prendre une seule image lorsque cela est nécessaire sans irradier inutilement le patient et sans ajouter du travail aux physiciens médicaux en amont des séances de traitement de chaque patient. Cette manière de faire implique d'utiliser, en complément du système d'imagerie médicale intégré au nouvel appareil de traitement, un autre logiciel d'imagerie qui est intégré plus largement au système d'information d'oncologie⁴⁵.

La figure 18 ci-dessous illustre cette manière de faire, qui résulte d'une appropriation du nouveau système d'imagerie médicale au service du patient et de la charge de travail du service.

⁴⁵ Il s'agit plus précisément de « *Offline Review* », interface de visualisation des images intégrée à l'Oncology Information System (OIS) ARIA de Varian.

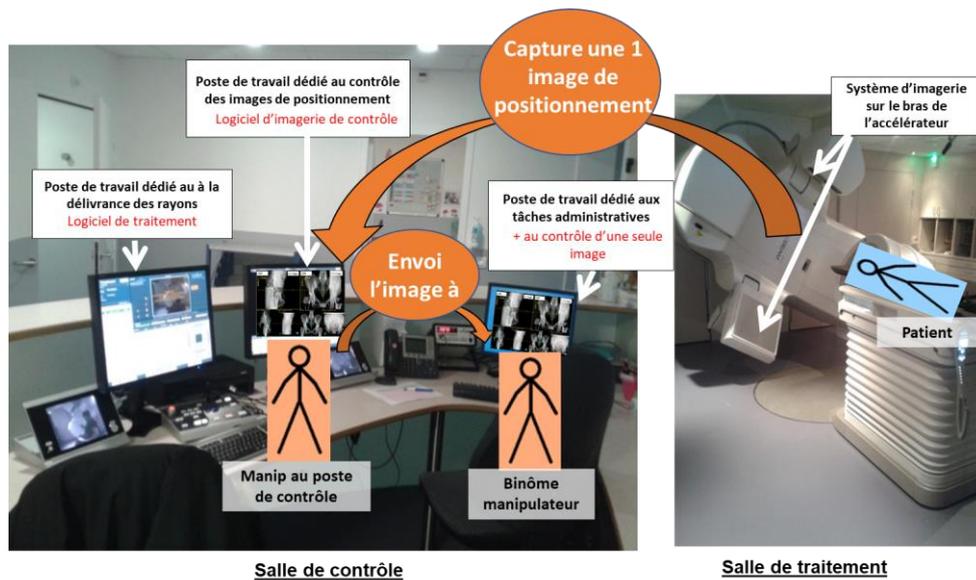


Figure 18 - Illustration d'une zone relativement stable de fonctionnement partagé

Le manipulateur au poste de contrôle réalise l'acquisition de l'image unique – antérieure ou latérale – dont il a besoin. Il enregistre l'image, qui est sauvegardée au niveau du logiciel d'imagerie intégré plus largement au niveau du système d'information d'oncologie⁴⁶. Ce dernier logiciel est accessible sur le poste de travail dédié aux tâches administratives et, selon les propositions techniques offertes par le nouvel appareil de traitement, n'aurait pas à être ouvert puisque le SIM qui est intégré à ce nouvel appareil permet de visualiser et de comparer des images. Le manipulateur binôme ouvre toutefois ce logiciel, qui permet de visualiser l'image unique qui vient d'être prise par son collègue manipulateur au poste de contrôle, et de la comparer avec l'image de référence (DRR)⁴⁷.

« Et du coup, on a adopté cette chose. On l'a trouvée pratique, dans la même idée de ne pas refaire deux images alors qu'il n'y a pas besoin. On en refait qu'une et on trouve une autre solution pour quand même pouvoir la visualiser »

Si ce sont bien les manipulateurs qui mettent en œuvre cette troisième manière de faire au moment du traitement du patient, celle-ci est rendue possible grâce aux ajustements faits avec les oncologues-radiothérapeutes et les médecins. Ces remises en questions, comme celles décrites précédemment relativement à l'acquisition des images, sont collectives.

5.3. Conclusion

Ce chapitre a montré que l'introduction d'un nouvel appareil de traitement est à l'origine d'une déstabilisation / restabilisation des instruments de contrôle du positionnement des manipulateurs, à différents niveaux :

Au niveau individuel, cette déstabilisation / restabilisation progressive des instruments de contrôle du positionnement se caractérise par :

⁴⁶ Cf. note de bas de page précédente.

⁴⁷ Il s'agit ici d'une autre manière de se coordonner pour le binôme, différente de celle exposée en 2.1.4, illustrant la diversité des transformations induites par la mise en service d'un nouveau système d'imagerie médicale au niveau du binôme de manipulateurs.

- une déstabilisation différente selon les trois instruments, témoignant d'une appropriation du SIM qui se fait en fonction des objectifs visés lors du contrôle du positionnement et de l'ampleur de la transformation technique ;
- un recours aux instruments de contrôle de positionnement stabilisés antérieurement pour limiter la déstabilisation (les expériences antérieures diffèrent entre individus, impactant l'appropriation d'un nouveau système). Ce recours est à la fois une ressource pour prendre en main la nouveauté et un risque d'utilisation inappropriée de cette nouveauté ;
- un mode de raisonnement projectif mis en œuvre par les manipulateurs qui cherchent à envisager les transformations introduites par le nouvel appareil et leur impact sur la réalisation de leur travail.

L'appropriation individuelle est relativement stabilisée à l'issue de cette période transitoire, c'est-à-dire lorsque les instruments de contrôle du positionnement sont re-stabilisés et que les manipulateurs ne rencontrent plus de difficultés récurrentes pour contrôler le positionnement des patients avec le nouveau système d'imagerie médicale (SIM).

Par ailleurs, nous avons également montré que le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) impactait la maille collective du binôme de manipulateurs, en transformant leur coordination.

Enfin, l'analyse du développement de l'instrument d'identification des décalages dans le temps, qui est l'instrument le plus impacté par la nouveauté technique, montre que l'appropriation individuelle intervient avant une nécessaire appropriation collective transverse au niveau du service. Nos analyses ont en effet montré qu'une fois les difficultés relatives à l'apprentissage individuel de l'utilisation du nouveau SIM estompées, des difficultés subsistent dans l'activité de contrôle du positionnement des manipulateurs, trouvant leur origine au niveau d'autres acteurs intervenant dans une étape amont de la radiothérapie : l'étape de préparation. Ainsi, au-delà de la restabilisation des instruments de contrôle du positionnement au niveau individuel, le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) implique également une restabilisation des instruments et des pratiques au niveau collectif transverse, pour tendre vers une « zone relativement stable de fonctionnement partagé » (Cuvelier, 2014) où chacun peut réaliser son activité sans trop contraindre celle de l'autre.

Ainsi, ce travail nous permet de définir l'appropriation comme une relative stabilité des instruments et des pratiques retrouvée après une période de déstabilisation provoquée par l'introduction d'une nouveauté technique. Pour que l'appropriation de cette nouveauté soit effective, cette stabilité relative doit intervenir au niveau individuel, ainsi qu'à différents niveaux collectifs, chacun de ces niveaux étant dans une relation d'interdépendance. Nous rejoignons en cela Cuvelier (2014) pour qui « l'appropriation peut être envisagée non seulement comme 'un mouvement de création producteur de nouveau pour soi-même' (Rabardel, 2005, p.262), mais aussi potentiellement comme un mouvement de création avec les autres et pour les autres, pour les collectifs auxquels le sujet appartient » (p. 142). Cela montre l'ampleur du bouleversement que l'introduction d'une nouveauté technique fait intervenir au sein du service de radiothérapie. Aussi, nous rejoignons Cuvelier & Caroly (2009) lorsqu'elles affirment que, pour qu'une réforme technique « puisse avoir des chances de succès, il faut qu'elle ait deux qualités » dont le fait « qu'elle fasse évoluer tout le collectif de travailleurs ensemble, faute de quoi la coopération entre eux serait ruinée » (p.70).

Aussi, en partant de la notion de « genèse instrumentale », ce travail permet de décrire plus largement une dynamique de « **genèse organisationnelle** » (Folcher, & Bationo, 2019 ; Bationo-Tillon, Poret & Folcher, 2020 ; Folcher, Bationo-Tillon, Poret & Couillaud, à paraître 2021). La genèse organisationnelle est définie comme « un franchissement de frontières [...] au sein d'une même organisation et/ou au sein de mailles plus larges intégrant différentes organisations » (Folcher & al., à paraître). En montrant que la dynamique des genèses instrumentales des manipulateurs est structurée par d'autres étapes du processus de radiothérapie, et en décrivant la dynamique de convergence vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé à l'échelle du processus de radiothérapie, ce travail

permet d'illustrer un phénomène de genèse organisationnelle. En effet, pour que le nouveau système d'imagerie médicale (SIM) soit pleinement intégré aux instruments de contrôle du positionnement des manipulateurs, nous avons montré que la genèse de ces transformations implique de dépasser les frontières de la seule étape de délivrance du traitement. Autrement dit, l'introduction d'une nouveauté technique impulse une dynamique de genèse instrumentale dont le cheminement nécessite de franchir des frontières de différentes mailles, tendant vers une dynamique plus large de genèse organisationnelle.

6. PROCESSUS D'APPROPRIATION ET RISQUES POTENTIELS POUR LES PATIENTS

Dans le chapitre précédent, nous avons caractérisé la dynamique du processus d'appropriation, en montrant que l'introduction d'un nouveau SIM est à l'origine d'une déstabilisation / restabilisation des instruments de contrôle du positionnement des manipulateurs, à différents niveaux. Cela nous a permis de définir l'appropriation comme une relative stabilité des instruments et des pratiques, retrouvée après une période de déstabilisation induite par l'introduction d'une nouveauté technique.

Afin de faire le lien entre cette dynamique d'appropriation et les risques encourus par les patients, nous avons cherché à comprendre comment la modification des pratiques de l'équipe soignante pendant le contrôle du positionnement du patient par imagerie⁴⁸, lors de cette phase de déstabilisation, pouvait générer des risques pour les patients. La caractérisation de ces risques implique d'examiner l'ampleur de la déstabilisation provoquée par l'introduction de la nouveauté, à partir d'un regard « avant/après » sur l'activité de contrôle du positionnement des manipulateurs à l'aide de l'imagerie. Il s'agit de réaliser un « arrêt sur image » avant le changement technique, et un autre après ce changement, pour mesurer l'ampleur des transformations introduites par le nouveau système.

Ce regard nous permet d'identifier de potentiels risques associés à ces changements, et de proposer des pistes pour anticiper l'ampleur de la déstabilisation et maintenir l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation des soins lors de cette période.

6.1. Démarche d'analyse

Nous sommes reparties de la description de la dynamique d'appropriation (chapitre 5) et avons caractérisé, pour chaque objectif de l'activité de contrôle du positionnement⁴⁹, les modifications principales introduites par le nouveau SIM ainsi que les effets de ces modifications sur le travail des manipulateurs. Ainsi, afin de pouvoir établir un lien avec les risques encourus par les patients, notre analyse a consisté à :

- identifier dans le chapitre 5 les modifications principales par objectif ainsi que leurs effets sur le travail des manipulateurs ;
- enrichir ces données si nécessaire. En effet, lorsque les effets sur le travail n'étaient pas explicités au chapitre 5, nous avons réanalysé certaines données et/ou avons fait appel à notre expertise dans le domaine des activités de travail en radiothérapie et/ou à des données de la littérature.

Le schéma ci-après (figure 19) synthétise nos résultats :

- La **première colonne** du schéma reprend les trois objectifs principaux poursuivis par les manipulateurs lorsqu'ils contrôlent le positionnement du patient par imagerie : préparer et réaliser les images de contrôle du positionnement ; identifier les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence ; réduire ces décalages pour délivrer la bonne dose au bon endroit (reproduction de la position de référence du patient).
- La **deuxième colonne** du schéma recense, pour chacun des trois objectifs, les différentes modifications de l'activité de contrôle du positionnement. Ainsi, trois modifications principales ont été identifiées lorsque les manipulateurs poursuivent l'objectif d'identification des

⁴⁸ Nous avons d'ailleurs été confrontés à un cas venant appuyer cette hypothèse en 5.1.2.2, où la mobilisation des instruments développés jusqu'alors pour faire face à la nouveauté est à l'origine d'une utilisation inappropriée du nouveau système d'imagerie médicale (SIM), problématique vis-à-vis de l'objectif d'optimisation de la dose.

⁴⁹ Pour rappel, ces objectifs ont été présentés au sein du chapitre 4, et consistent à préparer les images au contrôle du positionnement, identifier les décalages qui existent entre les images du jour et l'image de référence (DRR) ainsi qu'à réduire ces décalages.

décalages. Elles concernent la lecture des images, la comparaison des images et la manière de contraster les images.

- Enfin, la **troisième colonne** recense les différents effets de ces modifications sur les pratiques des manipulateurs et sur leurs interactions avec d'autres membres de l'équipe soignante et/ou avec les patients. Par exemple, la modification de la lecture des images les conduit à acquérir et à utiliser de nouveaux repères anatomiques, à élargir la zone d'intérêt et à identifier des décalages plus petits.

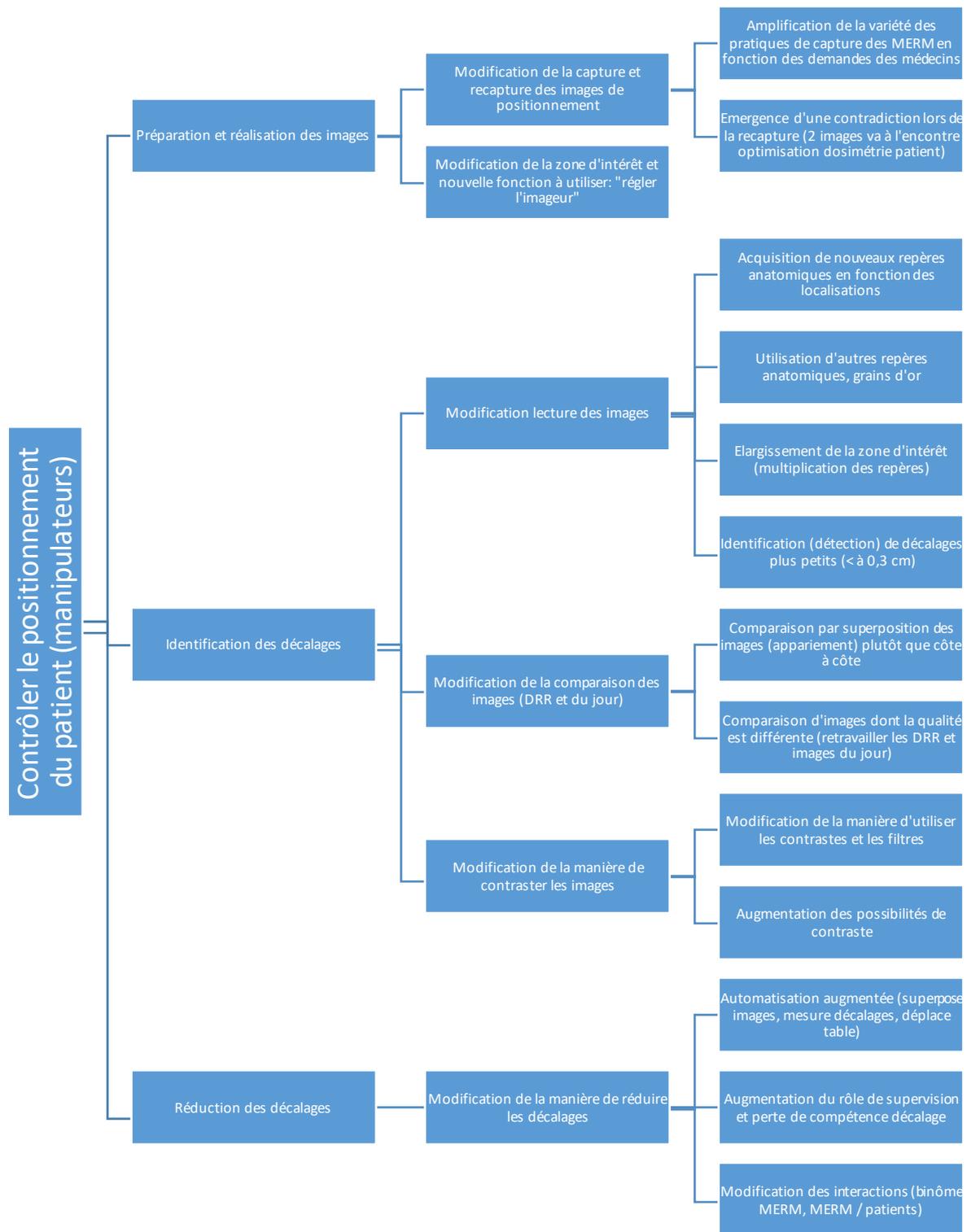


Figure 19 - Représentation schématique des effets du nouveau SIM sur les activités individuelles et collectives relatives au contrôle du positionnement d'un patient par imagerie

Une limite de ce schéma et de notre démarche d'analyse, est qu'ils recensent essentiellement les difficultés rencontrées par les manipulateurs au cours de l'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale (SIM). L'analyse développée au chapitre 5 pour approcher les phénomènes

d'appropriation qui suivent l'introduction d'un nouveau SIM a en effet pris comme point d'entrée les difficultés rencontrées par les manipulateurs. Cela a permis notamment de mesurer l'ampleur des transformations de l'activité engendrées par cette nouveauté technique. Or, ces difficultés apparaissent plus ou moins lors de la phase de stabilisation des pratiques et des instruments. Cette phase est plutôt perçue positivement, alors qu'il est probable que des risques puissent émerger ou subsister pendant cette phase de stabilisation. Dans ce cadre, une perspective future possible de ce travail serait d'analyser les risques encourus par les patients lors de la phase de stabilisation des pratiques et des instruments des manipulateurs pour contrôler le positionnement du patient. Un axe d'analyse, autre que les difficultés, devrait être développé.

Nous explicitons maintenant le contenu de ce schéma et détaillons comment les modifications de l'activité de contrôle du positionnement engendrées par l'introduction du nouveau SIM peuvent faire émerger des risques latents.

6.2. Effets du changement du SIM sur l'activité de contrôle du positionnement du patient et émergence de risques

Pour rappel, l'activité de contrôle du positionnement du patient participe à la sécurité des patients parce qu'elle permet à l'équipe soignante de s'assurer que la bonne dose est délivrée au bon endroit. En effet, le positionnement de référence du patient établi lors de la préparation de son traitement, doit être reproduit à chaque séance pour que la dose prévue soit délivrée conformément à la prescription du médecin.

Cette partie décrit les modifications des pratiques des manipulateurs et de leurs interactions avec d'autres membres de l'équipe et/ou avec des patients qui peuvent être associées aux trois objectifs du contrôle du positionnement du patient (préparation et acquisition des images, identification des décalages, réduction des décalages). Elle cherche également à déterminer comment ces modifications peuvent être source de risques potentiels.

6.2.1. La préparation et l'acquisition des images

L'introduction du nouveau SIM est à l'origine de trois contraintes en ce qui concerne l'objectif de préparation et d'acquisition des images.

La première existait avant le changement technique, mais a été exacerbée par la mise en place du nouveau SIM. Elle concerne l'interaction entre les oncologues radiothérapeutes et les manipulateurs. L'acquisition des images par les manipulateurs dépend des pratiques des oncologues-radiothérapeutes. En l'absence de protocole d'acquisition des images, les oncologues radiothérapeutes peuvent avoir des exigences différentes concernant les caractéristiques des images de contrôle souhaitées (image antérieure, image latérale, champs de traitement, simple ou double exposition...). Cette interdépendance entre l'activité des manipulateurs et celle des oncologues-radiothérapeutes est amplifiée par la mise en place du SIM qui rend les acquisitions d'images plus fréquentes.

La deuxième contrainte est apparue avec la mise en place du nouveau SIM. En effet, la machine ne permet plus d'acquérir une seule image après un recalage. Cette limite technique va à l'encontre de l'enjeu d'optimisation de la dose puisque les manipulateurs sont amenés à acquérir deux images, même si une seule est suffisante pour pouvoir contrôler⁵⁰ le positionnement. Par ailleurs, le nouveau SIM augmente la charge de travail à la fois pour les manipulateurs et pour les médecins. Ce changement implique en effet une tâche supplémentaire qui consiste à programmer et réaliser une

⁵⁰ Ou plutôt « reconstruire ».

image antérieure seule et une image latérale seule, pour chaque patient en amont des séances de traitement en plus des deux paires d'images systématiquement programmées. Une stratégie qui implique l'utilisation du logiciel *OFFLINE Review* a été développée pour permettre aux manipulateurs de ne réaliser qu'une seule image si celle-ci est suffisante⁵¹.

Enfin, la troisième contrainte résulte d'une complexification des plans de traitement (faisceaux plus nombreux), qui est à l'origine d'un ralentissement du système informatique lors des séances de traitement.

Pour ce qui est des risques potentiels encourus par les patients, les données recueillies et notre expertise ne nous permettent pas d'en identifier. Cela ne signifie pas qu'il n'y en a pas.

6.2.2. L'identification des décalages

L'identification des décalages est l'objectif du contrôle de positionnement qui a généré le plus de difficultés d'appropriation⁵². Trois pratiques ont été impactées : la lecture des images, la manière de les contraster et de les comparer.

Avec la mise en place du nouveau SIM, le repérage des structures anatomiques sur les images prend davantage d'importance pour mener le contrôle de positionnement. La lecture des images nécessite pour les manipulateurs de développer une réelle expertise de terrain (développement du savoir-voir). La montée en compétence est nécessaire du fait :

- d'une évolution des images : passage de la lecture d'une image en 2D à lecture d'une image en 3 D ;
- d'une multiplication et d'une diversification des repères anatomiques à connaître : diversification des localisations traitées, augmentation des détails anatomiques du fait de l'amélioration de la netteté des images et élargissement de la zone d'intérêt à observer (périmètre de l'image plus grand) ;
- d'une difficulté pour identifier certains repères anatomiques : elle dépend de la localisation de la tumeur, de la taille et de la composition du repère anatomique (os, organes, grains d'or...) ou de la tumeur (métastase) et des repères anatomiques (anciens, nouveaux) à comparer ;
- d'une détection de décalages plus petits (inférieur à 0,3 cm) ;
- d'un contexte défavorable à l'identification des décalages : la lecture des images et la visibilité des repères anatomiques peuvent être gênées, au moment de la préparation du traitement, par la présence de contours d'organes à risques ou de repères tels que le réticule symbolisé par un carré sur les images de référence (DRR) ou parfois par la morphologie inhabituelle du patient (scoliose par exemple).

La manière de contraster les images a également évolué. Les manipulateurs ont maintenant la possibilité de « travailler l'image » à différents endroits de la zone d'intérêt, c'est-à-dire d'utiliser différentes options de l'outil de contraste (réglette) pour mieux identifier les différents repères anatomiques. Mais les manipulateurs rencontrent des difficultés pour définir le niveau de contraste le plus adapté à l'amélioration de la visibilité de repères anatomiques de structures et de localisations différentes. Par exemple, contraster l'image pour mieux voir un repère osseux peut dégrader la visibilité d'un autre repère. Cela nécessite, comme pour la lecture des images, d'acquérir de nouvelles compétences, notamment dans l'usage des contrastes et dans le choix des filtres. Enfin, une nouvelle action « régler l'imageur » doit être intégrée par les manipulateurs dans cette activité pour ne pas réaliser des images blanches.

⁵¹ Cette stratégie, rendue visible par l'analyse, devrait être analysée pour s'assurer qu'elle ne génère pas de risques pour le patient.

⁵² Cf. Chapitre 5.

La comparaison des images est également modifiée. Tandis que la qualité de l'image de contrôle (du jour) a augmenté avec la mise en place du nouveau SIM (images prises en KV), la qualité de l'image de référence (DRR) n'évolue pas toujours. Lorsque la différence de qualité est plus marquée entre ces deux types d'images, ce qui est le cas dans le centre de radiothérapie où l'étude a eu lieu, les difficultés augmentent pour faire correspondre un même repère anatomique sur les deux images. Par ailleurs, la comparaison des deux images par superposition (et non côte à côte) est devenue plus difficile parce que les repères anatomiques utilisés sur les deux images n'apparaissent pas toujours de la même manière en fonction de l'image. Enfin, le positionnement adéquat du curseur pour comparer les images pose également des difficultés aux manipulateurs.

Pour ce qui est des risques encourus par les patients, le défaut de compétences de lecture des images et les difficultés rencontrées pour contraster les images et les comparer pourraient aboutir :

- à l'absence de détection d'un besoin de recalage des images et d'information des oncologues radiothérapeutes pour qu'ils interviennent sur le recalage ;
- à des erreurs de recalage des images lorsque cette activité est prise en charge par les manipulateurs (organisation de la validation différée).

Les erreurs de recalage sont susceptibles de générer une non-optimisation de la dose reçue, voire un risque de délivrer de mauvaises doses au mauvais endroit.

6.2.3. La réduction des décalages

Pour ce qui est de la réduction des décalages, la mise en place du SIM s'accompagne d'une automatisation du déplacement de la table de traitement. Ce déplacement se réalise à distance pour des décalages inférieurs à 2 cm. La connexion de la table de traitement et du bras d'accélérateur au logiciel d'imagerie médicale a modifié la manière de réduire les décalages : les manipulateurs déplacent l'image du jour sur l'image de référence, le logiciel calcule les décalages et déplace directement la table dans les trois plans de l'espace. Ces évolutions :

- augmentent le rôle de supervision des manipulateurs, notamment le contrôle du déplacement de la table et du positionnement et de la rotation du bras de l'accélérateur. A moyen et long terme, le transfert de l'action « déplacement de la table » de l'homme à la machine pourrait entraîner une perte de l'esprit critique des manipulateurs en diminuant leur capacité à détecter des décalages entre la position du bras et le champ de traitement. Inversement, la diminution du besoin de mémorisation des décalages tend à réduire le risque de confusions des manipulateurs sur le sens des décalages lors de l'ajustement de la table de traitement ;
- modifient l'organisation du travail du binôme des manipulateurs : il ne s'agit plus d'une coordination des manipulateurs entre le poste de traitement et la salle de traitement mais d'une coordination au poste de traitement ;
- diminuent le temps des manipulateurs en salle de traitement et modifient leurs interactions avec les patients. Cette situation est susceptible de limiter la participation du patient à la sécurité de son traitement (Pernet, 2013), notamment sa capacité à alerter les manipulateurs sur d'éventuels problèmes (traitement ou position inhabituels, contention trop souple, effets secondaires d'une irradiation précédente, risques de collision du patient lors des mouvements de la machine,...) ou de limiter la capacité des manipulateurs à identifier des comportements à risques du patient (non-respect des consignes de positionnement et d'immobilité, manque d'informations sur les risques associés aux soins,...).

Plusieurs contrôles sont ainsi fragilisés par la mise en place du nouveau SIM, notamment ceux qui concernent le positionnement de la table et du bras de l'accélérateur, et le positionnement du patient sur la table de traitement.

6.3. Aborder le contrôle comme une « barrière de sécurité »

La notion de barrière de sécurité est classiquement utilisée dans les industries à risques pour penser la sécurité d'un bien, d'un processus, d'une population. Leur mise en place participe à la maîtrise des risques (Amalberti, 2004 ; Hollnagel, 2004 ; Pariès & Vignes, 2007 ; Amalberti, 2013 cités par Pernet, 2013). Certains auteurs, dont Reitz, 2014, ont proposé de considérer les contrôles, notamment le contrôle du positionnement du patient, comme une barrière de sécurité, dont l'objectif est d'assurer la délivrance de la bonne dose au bon endroit.

6.3.1. Une notion partagée et reconnue dans les industries à risques

Iddir (2012) fait référence à la circulaire du 10 mai 2010 relative à la sécurité des installations classées pour la protection de l'environnement⁵³ pour définir une barrière de sécurité. Il s'agit « *d'un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité* ». Cette dernière est définie par cette même circulaire comme : « *une fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter...* ». Sklet décrit les barrières de sécurité comme « *des moyens physiques et/ou non physiques qui couvrent toutes les phases d'une séquence d'accident et comprennent la prévention, le contrôle et l'atténuation* » (Sklet, 2006, p. 496). Le contrôle doit être compris ici comme la maîtrise de l'installation, et non comme des actions de surveillance.

Nous avons retenu, de ces définitions, deux dimensions intéressantes permettant de décrire les barrières de sécurité :

- **leur nature** : Les barrières physiques (ou techniques) sont des barrières matérielles et les barrières non physiques font référence à des barrières immatérielles (HAS, 2012), administratives, organisationnelles, humaines, opérationnelles et de gestion (Rapport SINTEF, 2015). Cette distinction entre les barrières de sécurité techniques et humaines est également faite par l'INERIS (2009, 2018) qui précise que les barrières humaines de sécurité sont, le plus souvent, associées à une composante technique (interaction avec un système).
- **Leur temporalité** : elles peuvent être décrites selon les phases du scénario accidentel (description chronologique). Les barrières de prévention sont destinées à fonctionner **avant** qu'un événement dangereux ne se produise et visent à éliminer le risque d'accident ou au moins, à ralentir son développement. Dans ce cas, les contrôles peuvent être considérés comme des barrières de prévention. Les barrières de protection interviennent **pendant** l'événement et ont pour objectif de protéger l'environnement, les personnes ainsi que le système lui-même des conséquences d'un accident. Les barrières de mitigation sont mobilisées **après** la survenue de l'accident pour réduire l'intensité de ces effets (Iddir, 2012). Les barrières de récupération peuvent intervenir pendant l'événement (HAS, 2012) ou après l'événement (INERIS, 2009). Le guide de l'HAS (2012, p. 72) décrit des barrières de prévention, de récupération et d'atténuation.

La barrière de sécurité de type contrôle a été particulièrement étudiée (Johansen & Rausand, 2015 ; INERIS 2009, 2018 ; Groupe de travail CIEHF, 2016). Ce type de barrière humaine peut relever de tâches effectuées par un opérateur ou une équipe d'opérateurs selon une procédure (Johansen & Rausand, 2015) ou d'activités humaines qui préviennent ou s'opposent à l'enchaînement d'événements susceptibles d'aboutir à un accident (INERIS, 2009). Dans le guide HAS (2012, p.71), les barrières de

⁵³ Récapitulatif des règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003

sécurité matérielles et immatérielles sont pensées pour bloquer et récupérer les erreurs patentes de l'équipe soignante.

A partir des différentes définitions ci-dessus, l'activité de contrôle du positionnement du patient peut être considérée comme une barrière de sécurité :

- **non physique** parce que ce contrôle est composé de dimensions humaines, organisationnelles et opérationnelles ;
- **mixte** (humaine et technique) parce que ce contrôle est une activité réalisée par les manipulateurs en interaction avec d'autres membres de l'équipe soignante et les patients, impossible à mener sans les techniques d'imagerie ;
- **préventive** parce qu'il permet de mener des vérifications avant de réaliser le soin et de réduire la probabilité de délivrer une mauvaise dose et/ou au mauvais endroit.

6.3.2. Les limites de la notion de barrière de sécurité

Nos travaux sur le contrôle du positionnement du patient viennent apporter deux arguments aux critiques⁵⁴ concernant la notion de « barrière de sécurité » : les activités de contrôle sont rarement univoques parce qu'elles ne participent pas seulement à la sécurité des patients ; l'évaluation de l'efficacité d'une barrière de sécurité liée à des actions humaines est difficile.

6.3.2.1. Les activités de contrôles en radiothérapie sont rarement univoques

Dans le domaine médical, la sécurisation du soin repose sur la capacité de l'équipe soignante à intégrer dans ses activités de diagnostic et de délivrance des soins, différentes tâches de sécurisation (préparation, mesure ou calcul, test, contrôle, vérification, validation, détection, arbitrage, traçabilité des actions...) pour éviter la survenue d'évènements indésirables liés aux soins. Mais les dimensions de production et de sécurisation d'un contrôle ne sont pas toujours simples à distinguer.

Ainsi, les moyens de réaliser le « contrôle du positionnement du patient » en radiothérapie se sont développés avec l'évolution des technologies. Avant le développement de l'imagerie, les manipulateurs contrôlaient le positionnement du patient à partir du positionnement de la table, de repères sur la peau du patient et de lasers. Cette activité de contrôle était alors dissociée de l'activité de soin et n'avait qu'une fonction de sécurisation. L'activité de « contrôle du positionnement du patient » par imagerie a été initiée au moment du développement de l'imagerie. La possibilité de contrôler le positionnement du volume cible avant de traiter, voire pendant le traitement, a permis de développer des traitements complexes, plus précis géométriquement, et de réduire les marges de sécurité utilisées autour du volume cible (moins de doses sur les tissus non cancéreux). Deux extrêmes existent aujourd'hui : la radiothérapie stéréotaxique utilisant des marges de sécurité de l'ordre de quelques mm et la radiothérapie conformationnelle utilisant des marges pouvant être de l'ordre de plusieurs cm. Entre ces deux extrêmes, il existe plusieurs types de traitement mais généralement, l'activité de contrôle du positionnement du patient fait partie intégrante de l'activité de soin. Il n'est plus possible de dire aujourd'hui que l'activité de contrôle du positionnement du patient se limite uniquement à une activité de sécurisation des soins, elle devient indissociable de la production du soin. Autrement dit, avec les techniques avancées de traitement utilisant des marges restreintes de sécurité autour des volumes cibles, il n'est plus possible de traiter le patient sans cette activité de contrôle.

Par ailleurs, limiter l'analyse du « contrôle du positionnement du patient » à sa dimension de sécurisation occulte la réflexion sur des dimensions de cette activité participant à la production du soin, notamment :

⁵⁴ Différents auteurs et rapports décrivent des limites à la notion de barrière de sécurité, notamment : CIEHF, 2016; INERIS (2009) ; SINTEF, 2015 ; Sklet, 2006; Libmann, 1996.

- les protocoles d'acquisition des images permettant de cadrer l'interaction entre les oncologues radiothérapeutes et les manipulateurs lors de l'acquisition des images. En l'absence de protocoles, les exigences des médecins sur les caractéristiques des images de contrôle souhaitées sont différentes ;
- la non optimisation de la dose avec l'acquisition obligatoire de deux images avec le nouveau SIM ;
- l'augmentation de la charge de travail des manipulateurs, des physiciens et des oncologues-radiothérapeutes, liée à la réalisation de ces images ;
- le besoin de montée en compétences des manipulateurs, relative à la lecture des images (repérage des structures anatomiques sur les images), à des actions facilitant la lecture des images (« travailler » les images, choix des filtres, réglage de l'imageur) et à la comparaison des images lorsque la différence de qualité est plus marquée entre l'image de référence et l'image de contrôle (difficulté de correspondance d'un même repère anatomique sur deux images, différence d'apparition d'un repère anatomique sur les deux images) ;
- l'organisation des activités du binôme des manipulateurs ;
- la diminution de la capacité des manipulateurs à détecter des incohérences de décalage entre la position du bras de l'accélérateur et les champs de traitements ;
- la modification des interactions entre les manipulateurs et les patients...

Analyser ce contrôle au-delà de sa dimension de sécurisation permet de comprendre en détail cette activité ainsi que les effets d'une modification technique sur ses dimensions productive et de sécurisation et leurs interactions.

6.3.2.2. Une difficile évaluation de la performance d'une barrière de sécurité

Evaluer la performance d'une barrière de sécurité permet de déterminer le niveau de maîtrise des risques. Pour déterminer cette performance, différents critères d'évaluation sont proposés :

- **sa fiabilité** : capacité à fonctionner sur demande (Sklet, 2006) ou capacité à résister aux défaillances (Neogy & al, 1996) ;
- **sa disponibilité** : capacité à remplir une fonction dans un temps de réponse à la demande ou en cas de besoin (Sklet, 2006) ;
- **sa robustesse** : capacité à fonctionner pendant des séquences d'accidents ou en mode dégradé (Sklet, 2006) ou capacité à résister à la variabilité de l'environnement (Hollnagel, 1995) ;
- **son efficacité** : capacité à remplir une fonction spécifiée dans des conditions techniques, environnementales et opérationnelles données (Sklet, 2006) ou aptitude de celle-ci à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été prévue, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement (INERIS, 2018) ;
- **son efficience** : capacité à atteindre ses objectifs (Hollnagel, 1995) ;
- **sa validité** : capacité à gérer les déviations, les menaces, etc. (Sklet, 2006).

Ces critères d'analyse sont plutôt adaptés pour étudier la performance d'une barrière **technique** de sécurité dont le fonctionnement est en général binaire (fonctionne, ne fonctionne pas). Pour une barrière **humaine** de sécurité, ces critères d'analyse sont plus difficiles à mobiliser.

D'autres critères ont été proposés pour faciliter l'évaluation d'une barrière de sécurité humaine (INERIS, 2009 ; groupe de travail CIEHF, 2016). Le groupe de travail CIEHF (2016) propose six critères d'évaluation d'une barrière humaine de sécurité : avoir une propriété claire (rôle clair), être traçable, spécifique, indépendante, efficace et capable d'être assurée. La méthode Oméga 20 de l'INERIS (2009) propose quant à elle de décomposer les barrières humaines de sécurité en trois principales sous-tâches : détection, diagnostic et action, puis d'évaluer l'influence de l'environnement sur les

performances de chacune de ces sous-tâches. Différents facteurs déterminants doivent alors être analysés comme la présentation et l'accès des informations, la disponibilité de l'opérateur, la qualité des informations utiles au diagnostic, le niveau de guidage pour le choix de l'action, le niveau de stress dans le contexte de l'action et le niveau d'exigence et de complexité de l'action.

Malgré ces différents critères d'analyse, l'évaluation de la performance des barrières humaines de sécurité n'est pas facile à réaliser parce que certaines de leurs dimensions sont subjectives, intégrées à d'autres dimensions du travail, difficiles d'accès, parfois invisibles. Par exemple, comment mesurer la compétence d'un opérateur ou comment mesurer la qualité d'une procédure donnée (Rapport SINTEF, 2015) ? Comment évaluer la réelle influence des situations de travail sur les barrières humaines de sécurité lorsque le système sociotechnique est complexe ?

Par ailleurs, l'évaluation de la performance des barrières humaines de sécurité ne peut pas se résumer à une évaluation des compétences, ni à la simple application des règles de sécurité telles que présentées dans les procédures (INERIS, 2009). Nous pensons comme l'INERIS (2009) que l'évaluation des barrières humaines de sécurité implique une analyse qualitative des modalités réelles de leur mise en œuvre et nécessite de considérer l'environnement, le contexte, l'organisation du travail et les conditions de travail des différents opérateurs.

Pour dépasser les difficultés d'évaluation de la performance du contrôle abordé comme une barrière de sécurité, nous proposons de l'envisager comme une « activité contribuant à la sécurisation du soin ».

6.4. Aborder le contrôle comme une activité contribuant à la sécurisation du soin

6.4.1. Les apports de la notion « d'activité contribuant à la sécurisation du soin »

Pour dépasser les deux limites de la notion de « barrière de sécurité » que nous venons de présenter, nous avons adopté le point de vue de l'activité des opérateurs et avons défini la notion « d'Activité Contribuant à la Sécurisation du soin » (ACS). Elle peut être simple et se réduire à une action de validation, de vérification ou de contrôle, réalisée par un seul professionnel dans une situation de travail optimale, à un instant t. Elle peut être ou devenir complexe lorsqu'elle mobilise plusieurs professionnels dans une succession ou une combinaison d'actions sur plusieurs jours, pouvant exiger un niveau d'expertise important, dans une situation de travail contrainte, etc. Pour éviter de multiplier les notions, nous avons choisi la notion « d'activité contribuant à la sécurisation des soins » parce qu'elle est moins réductrice que la notion d'action.

Cette notion est intéressante parce qu'elle :

- oblige à analyser les activités réelles des professionnels de santé et leur organisation de travail ;
- n'oblige pas à faire la distinction entre les dimensions de sécurisation et de production d'une ACS. La sécurité est intégrée à la production du service (le soin). Ce type d'analyse permet de mieux comprendre comment les deux peuvent s'influencer. La relation qui existe entre un contrôle et les risques encourus par les patients (et inversement la sécurité d'un soin) est plus facile à appréhender ;
- ne limite pas la maîtrise des risques (sécurité) à l'analyse de la performance technique ou humaine (appropriation, usages). L'analyse des risques s'appuie sur la caractérisation des modifications et des périodes de déstabilisation / stabilisation des pratiques. C'est l'analyse des fragilités (état) ou des fragilisations (cheminement) qui est visée.

En radiothérapie, la sécurité des patients repose sur un certain nombre d'actions prescrites par l'organisation (préparation, mesure ou calcul, test, contrôle, vérification, validation, détection,

arbitrage, traçabilité des actions...) qui se suivent et/ou qui se croisent au cours du processus de soin. Elles permettent de s'assurer que la bonne dose sera délivrée au bon patient, au bon moment et au bon endroit et à ce titre constituent des « activités contribuant à la sécurisation du soin » (ACS). Le contrôle du positionnement des patients fait partie de celles-ci. Mais certains contrôles « *peuvent aller d'une simple unité technique ou d'une action humaine, à un système sociotechnique complexe* » (Sklet, 2006).

Il est plus facile d'évaluer les risques liés aux effets d'un changement technique ou organisationnel sur une ACS lorsque celle-ci est simple, c'est-à-dire lorsqu'elle se limite à une action ponctuelle et indépendante d'autres actions de validation, de contrôle, de vérification... ou de production du soin ; lorsqu'elle est réalisée par un professionnel expérimenté ou qu'elle ne nécessite pas une réelle expertise ; lorsqu'elle est peu influencée par le contexte et/ou les conditions de travail. Lorsque l'ACS est complexe, les effets d'un changement technique seront plus difficiles à évaluer.

6.4.2. Démarche d'évaluation de l'impact d'un changement technique sur une activité contribuant à la sécurisation du soin

La démarche proposée est composée de deux étapes : la première étape permet de caractériser la complexité de l'activité contribuant à la sécurisation du soin (ACS) ainsi que l'évolution de celle-ci suite à un changement technique. La deuxième étape permet d'analyser les effets des difficultés, nouveautés et contraintes sur une ACS. Ces étapes méthodologiques n'ont pas encore été expérimentées et devront être consolidées dans le cadre de futurs travaux.

L'exemple du « contrôle de positionnement du patient » sera utilisé pour illustrer cette démarche d'évaluation.

6.4.2.1. Caractériser le niveau de complexité d'une ACS

Lorsqu'une modification est mise en place, qu'elle soit technique ou organisationnelle, il convient tout d'abord que les managers et les équipes opérationnelles **déterminent les ACS qui vont être impactées et leur degré de complexité**. En effet, plus une ACS est complexe, plus les effets d'une évolution technique sur sa réalisation sont difficiles à identifier. A partir de l'analyse de l'ACS « contrôle du positionnement du patient », nous proposons de considérer les facteurs de complexité suivants :

- **Dimension technique et/ou humaine** : l'ACS mobilise-t-elle un moyen technique, une activité humaine ou une activité qui combine des dimensions humaines et techniques ? Si l'ACS mobilise un moyen technique automatique, comment l'équipe peut-elle détecter les éventuelles dérives de données ou de paramètres de la machine (boîte noire) ? Si l'ACS relève d'une activité humaine, quelles sont ces actions constitutives, leurs exigences d'enchaînements et de synchronisation ? Quelles sont les différents objectifs visés par les personnes pour réaliser cette ACS ? Sont-ils nombreux ? Sont-ils variés ?
- **Dimension individuelle (une personne) ou collective** (nombre de personnes, dépendance ou autonomie entre ces personnes) : combien de personnes participent à l'ACS ? Quelles sont les interactions et les synchronisations nécessaires entre ces personnes de même métier ou de métiers différents ? Quels sont les degrés de dépendance ou d'autonomie des personnes pour mener l'ACS ?
- **Temporalité** : à quels moments du processus de soin, l'ACS est-elle réalisée ? L'ACS est-elle conduite dans des délais contraints ?
- **Relation avec d'autres activités** : Quelles sont les autres ACS en lien avec celle étudiée et leurs influences réciproques ? Est-ce que d'autres actions en amont de l'ACS peuvent avoir des effets sur celle-ci sans avoir de lien direct ? Par exemple, la qualité de l'image de référence, essentielle pour une réalisation optimale du contrôle de positionnement du patient, dépend d'autres

actions et d'autres professionnels en amont de celui-ci lors de la réalisation de l'image de référence.

- **Niveau de maîtrise qu'elles exigent** : Quelles sont les compétences à développer et dans quels délais ? Quelles sont les connaissances requises ? La maîtrise de l'ACS dépend-elle d'expériences développées sur le terrain ? Est-ce que l'ACS nécessite un encadrement particulier ?
- **Contraintes** : quelles sont les incertitudes et les opacités qu'elles comportent (qualité des images, qualité des repères anatomiques, changement de plan de traitement, accès à l'information et aux paramètres...) ? Quels sont le contexte et les conditions de la réalisation des ACS (niveau d'encadrement, procédures, moyens dédiés, contexte, tensions...) ?

Les réponses à ces différentes questions (avant et après le changement) permettront de déterminer le niveau de complexité de l'ACS et l'ampleur de l'analyse à mener pour adapter l'accompagnement des professionnels lors de l'appropriation d'un changement. Cette liste de questions n'est pas exhaustive et pourra être enrichie.

6.4.2.2. Caractériser les effets d'une évolution technique sur le niveau de complexité d'une ACS

Après avoir défini le niveau de complexité d'une ACS, il est ensuite important d'analyser la manière dont la modification technique ou organisationnelle envisagée peut le faire évoluer (Thellier & Le Tallec, 2019). Il s'agit alors de prévoir les **nouveautés**, les **difficultés** et les **contraintes** rencontrées par les membres de l'équipe soignante lors du changement de technique.

L'étude du processus d'appropriation du nouveau système d'imagerie nous a permis d'identifier les effets suivants :

- augmentation de l'automatisation pouvant entraîner une diminution de la détection possible de dérives de paramètres (boîte noire) et de la maîtrise du système technique par l'équipe soignante⁵⁵ (incertitudes) ;
- modification des pratiques de travail, des rôles et responsabilités des manipulateurs. Par exemple, impact sur les trois objectifs majeurs du contrôle du positionnement du patient : la préparation et la réalisation des images, l'identification des décalages, la réduction des décalages ;
- amplification des difficultés d'interactions entre les acteurs du processus de soin. Par exemple : entre les oncologues-radiothérapeutes et les manipulateurs lors de l'acquisition des images et entre les oncologues-radiothérapeutes, les médecins médicaux et les manipulateurs lors de la détection des décalages de positionnement ;
- modification des interactions avec les patients ;
- besoin d'acquisition de nouvelles compétences et expertises par les manipulateurs. Le niveau de compétences nécessaire au contrôle de positionnement est plus exigeant qu'auparavant ;
- incertitudes sur la mise en œuvre des ACS dans la future situation. Par exemple, les différences d'usage du nouveau SIM au moment de la formation et lors de son utilisation dans le centre de radiothérapie.

Plus précisément, le changement de SIM a généré un certain nombre de nouveautés dans les pratiques qui impactent la réalisation du « contrôle du positionnement du patient » :

⁵⁵ Ces effets de l'automatisation sur les compétences des professionnels ont notamment été mis en évidence dans le domaine de l'aviation. L'automatisation du pilotage serait à l'origine d'une perte des compétences de pilotage manuel (Veillette, 1995 ; Haslbeck & Hoermann, 2016), pouvant impacter la sécurité des vols. A titre d'exemple, l'entraînement au pilotage manuel constitue l'une des recommandations émises par le BEA dans le rapport relatif à l'accident du vol AF 447 survenu le 1^{er} juin 2009 (Rapport final BEA, 2012, p. 210).

- **Au cœur d'un même métier** (manipulateurs) : par exemple, la connexion de la table de traitement et du bras d'accélérateur au logiciel d'imagerie (SIM) a modifié la répartition des activités au sein du binôme de manipulateurs ainsi que leur activité de supervision.
- **Entre les métiers** : la modification du SIM améliore la qualité de l'image de contrôle. Mais en l'absence d'amélioration simultanée de la qualité de l'image de référence, la comparaison des repères anatomiques est plus difficile. La réalisation de cette image de référence dépend d'autres actions et d'autres professionnels. Faciliter la comparaison des images de référence et de contrôle favorise la délivrance de la bonne dose au bon endroit.
- **Avec les patients** : l'interaction entre les manipulateurs et les patients est diminuée dans la salle de traitement. Cette diminution de la communication est susceptible de limiter la coopération du patient à sa sécurité (alerte, étonnement,...) et de diminuer la détection de comportements à risques du patient par le manipulateur.
- **Au niveau des compétences** : les nouveautés relatives à la définition de la zone d'intérêt, à l'utilisation de l'outil de contraste, au réglage de l'imageur et à l'utilisation des grains d'or comme repère anatomique nécessitent une **montée en compétence** au niveau de la lecture et de l'interprétation des images. Il s'agira de s'assurer que ces besoins de compétences sont bien pris en charge par la formation et qu'elle ne se limite pas aux aspects techniques. Inversement, il existe une **perte potentielle des compétences** des manipulateurs relatives à la prise en charge par la machine de la mesure et des recalages. Des mesures ou des recalages aberrants pourraient ne pas être détectés par les manipulateurs (perte de l'esprit critique).

L'analyse de ces nouveautés a pour objectif de déterminer le maintien (ou non) de l'efficacité du contrôle du positionnement du patient. Est-il toujours efficace avec la modification de la supervision des manipulateurs et de la répartition des activités au sein du binôme ; de l'insuffisante qualité de l'image de référence par rapport à l'image de contrôle ; de la diminution des interactions entre les manipulateurs et les patients ; d'une montée en compétence insuffisante au niveau de la lecture et de l'interprétation des images ?

Plusieurs difficultés ont émergé au moment de l'appropriation du nouveau SIM et sont susceptibles d'impacter la performance du « contrôle de positionnement du patient ».

Au niveau humain :

- la lecture des images notamment pour repérer les structures anatomiques sur des images 2D et 3D ;
- le positionnement du curseur pour comparer les images ;
- la comparaison des images par superposition lorsque les repères anatomiques utilisés n'apparaissent pas de la même manière selon les images ;
- la correspondance entre des repères anatomiques sur l'image de référence (DRR) et sur l'image du jour lorsque leur qualité d'images est différente ;
- la définition du niveau de contraste le plus adapté, de l'usage des filtres et de l'outil de contraste (dimension humaine de type compétences).

Au niveau organisationnel :

- des interactions entre les oncologues- radiothérapeutes et les manipulateurs concernant l'acquisition des images ;
- des interactions entre les oncologues- radiothérapeutes, les médecins et les manipulateurs concernant la détection des décalages.

En l'absence de données sur les effets de ces difficultés sur la performance de l'activité de contrôle du positionnement du patient, les risques encourus par les patients n'ont pas pu être identifiés. Au-delà

de l'identification des difficultés, l'analyse pourra également identifier les ACS qui sont facilitées dans la réalisation du contrôle.

L'identification de nouvelles contraintes pour certains membres de l'équipe soignante au moment de l'appropriation du nouveau système d'imagerie médicale pourra être utilisée pour analyser comment elles impactent la performance de l'activité de « contrôle du positionnement du patient ». La recherche a permis d'identifier au moins trois nouvelles contraintes avec la mise en place du nouveau SIM : 1) l'augmentation du temps de contrôle des images ; 2) la modification, voire l'augmentation de l'activité des oncologues-radiothérapeutes en cas d'utilisation des grains d'or comme repère anatomique ; 3) l'acquisition d'au moins deux images de contrôle pour vérifier le recalage du patient. Dans les situations où une seule image est suffisante, l'équipe soignante a contourné cette obligation en utilisant le logiciel *OFFLINE* pour pouvoir optimiser la dose reçue par le patient.

6.5. Conclusion

La démarche d'analyse proposée dans ce chapitre pour faire le lien entre la dynamique d'appropriation d'un changement technique par les manipulateurs et les risques potentiels pour les patients ne mobilise pas la notion de barrière de sécurité. Elle propose de mobiliser la notion « d'activité contribuant à la sécurisation du soin » (ACS) parce qu'il n'est pas facile de distinguer, dans une activité, ce qui relève de la sécurisation du soin et ce qui relève de sa production.

L'analyse de l'évolution du « contrôle du positionnement du patient » a permis d'identifier certaines fragilisations de cette ACS, notamment la nouvelle répartition des activités au sein du binôme des manipulateurs au poste de traitement ; l'évolution de la supervision des manipulateurs au poste de traitement ; le besoin d'amélioration de la qualité de l'image de référence pour limiter les différences de qualité entre celle-ci et l'image de contrôle ; la diminution des interactions entre les manipulateurs et les patients ; le besoin de montée en compétence au niveau de la lecture et de l'interprétation des images, de l'usage des filtres et de l'outil de contraste ; la perte de connaissances sur les mesures des décalages ; l'évolution des interactions entre les oncologues-radiothérapeutes et les manipulateurs lors de l'acquisition des images ; l'évolution des interactions entre les oncologues-radiothérapeutes, l'équipe de physique médicale et les manipulateurs pour détecter les décalages ; l'augmentation du temps de contrôle des images ; la modification, voire l'augmentation de l'activité des oncologues-radiothérapeutes lors de l'utilisation de grains d'or comme repères anatomiques alors que leur disponibilité est déjà limitée.

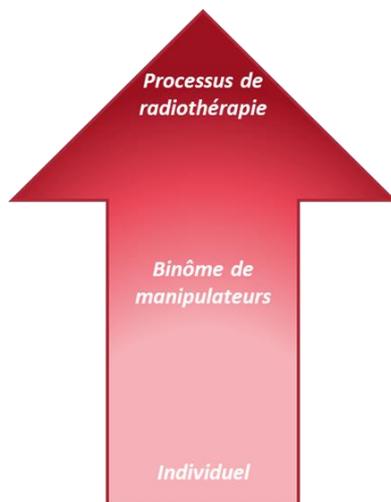
L'analyse de l'évolution du « contrôle de positionnement du patient » et de sa complexité suite à la modification du système d'imagerie a permis de déterminer des principes pour caractériser les risques potentiels encourus par les patients lors des phases de déstabilisation/restabilisation des pratiques et de l'organisation qui caractérisent l'appropriation de ce changement technique. Ces principes devront être expérimentés et consolidés dans des travaux futurs.

7. CONCLUSION – ACCOMPAGNER LA MUTATION TECHNOLOGIQUE DE LA RADIOTHERAPIE AU PLUS PRES DES ACTIVITES INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES

7.1. L'introduction d'un nouveau dispositif impulse des transformations d'ampleur au niveau des individus et des collectifs

Cette recherche a permis de définir l'appropriation d'un nouveau système comme une relative stabilité des instruments et des pratiques (au sens de l'approche instrumentale), retrouvée après une période de déstabilisation impulsée par l'introduction d'une nouveauté technique. Pour que l'appropriation de cette nouveauté soit effective, cette stabilité relative doit intervenir à différents niveaux interdépendants.

Ce travail de recherche montre l'ampleur des effets d'une nouveauté technique sur l'activité des professionnels de la radiothérapie. En effet, l'introduction d'un nouvel appareil de traitement ouvre une période de déstabilisation aux niveaux individuel et collectif. Si l'appropriation du nouveau système d'imagerie concerne en premier lieu les manipulateurs qui vont l'utiliser lors de la séance de délivrance du traitement au patient, ce sont en fait les activités de l'ensemble des acteurs du processus qui vont être déstabilisées et qui vont devoir se transformer, rendant nécessaire une appropriation collective du nouveau système au niveau du service.



D'un **point de vue individuel**, l'introduction d'un nouvel appareil de traitement (dans notre cas, le nouveau système d'imagerie) ouvre une période caractérisée par l'apparition de nouvelles difficultés ou par l'exacerbation de difficultés rencontrées avant l'introduction de la nouveauté technique. L'approche instrumentale a permis de mettre en évidence que « l'identification des décalages » était sujette à de nombreuses difficultés, témoignant d'un impact significatif du nouveau système sur l'instrument au service de cet objectif. De plus, nos résultats ont montré que les manipulateurs abordaient cette période de déstabilisation à partir de leurs instruments actuels, tels que développés jusqu'alors, et que cela pouvait constituer à la fois une ressource pour l'appropriation du nouveau système mais également une source de difficultés. Enfin, cette période se caractérise par un raisonnement projectif mis en

œuvre par les manipulateurs, qui cherchent à anticiper les transformations possibles de leur activité, induites par le nouveau système. Cela montre que le processus d'appropriation peut commencer avant le démarrage de la formation, par l'intermédiaire de projections orientées vers le futur.

D'un **point de vue collectif**, l'introduction d'un nouveau système d'imagerie impacte les dimensions collectives de l'activité. Par exemple, au niveau du binôme de manipulateurs, le nouveau système d'imagerie génère une transformation des objectifs de la coordination, passant d'une coopération autour de la distribution spatiale du traitement entre poste de contrôle et poste de traitement à une coopération au service de la comparaison des images de contrôle. Mais l'impact de la nouveauté technique touche également une dimension élargie du collectif, puisque l'introduction du nouveau système ouvre une période de déstabilisation et de stabilisation des instruments de différents acteurs impliqués dans le processus de radiothérapie. Les appropriations individuelles et locales étant en interdépendance, elles fondent une appropriation collective au niveau du processus de soin, qui en retour impacte les appropriations individuelles et locales... jusque, dans l'idéal, la convergence vers une « zone relativement stable de fonctionnement partagé » (Cuvelier, 2014, p. 144). Cette

convergence implique des tâtonnements instrumentaux, avec des remises en question collectives, la mobilisation d'instruments hybrides qui empruntent à l'ancien et au nouveau système, etc. Lorsque cette convergence aboutit à une zone relativement stable de fonctionnement partagé, chacun peut réaliser son activité, selon ses propres critères, sans être contraint par autrui et sans le contraindre ; c'est le cas du contrôle de la correction d'écarts préalablement identifiés exposé en 5.2.3. A l'inverse, lorsque cette convergence n'est pas aboutie, qu'elle soit en cours ou non initiée, le niveau global de l'organisation du processus de soin impacte les niveaux locaux de l'appropriation. C'est le cas par exemple des manipulateurs qui rencontrent toujours, trois mois après l'introduction du nouvel appareil de traitement dans le service, des difficultés pour bien lire/utiliser/interpréter les images de contrôle et identifier les décalages. Ces difficultés ne s'expliquent plus par un besoin d'apprentissage individuel, mais par le fait que l'activité d'autres métiers en amont de la délivrance du traitement impacte la qualité des images de référence qui est essentielle au manipulateur pour effectuer sa comparaison avec les images du jour. Autrement dit, une coopération entre les acteurs au niveau du service est nécessaire pour construire la qualité des images. Lors de notre recherche, cette coopération était limitée puisque la construction des images de référence se caractérisait par une somme de contributions locales, chacun « travaillant » les images selon ses propres critères, impactant leur visibilité lorsqu'elles arrivaient au poste du manipulateur chargé d'irradier le patient. **La convergence vers une zone relativement stable de fonctionnement partagé implique de passer de cette « somme de contributions locales » à une « activité collective transverse »** (Poret & al, 2016 ; Poret, 2015 ; Motté & Haradji, 2010) où les critères propres à chaque métier intègrent également les besoins des autres acteurs de la radiothérapie. Ce passage peut advenir sous réserve qu'un processus de **genèse organisationnelle émerge**.

7.2. L'accompagnement du processus d'appropriation doit intégrer ces différents niveaux de transformation...

Ces résultats plaident en faveur d'un accompagnement du processus d'appropriation d'une nouveauté technique, favorisant la restabilisation progressive des instruments, aux niveaux individuels et collectifs. Cet accompagnement peut prendre la forme de formations, car dans ce contexte, « *la formation des professionnels à l'usage des technologies complexes et nouvelles constitue un élément primordial dans la prévention des accidents* » (Roch & al, 2018, p. 6). La présente recherche nous permet de caractériser quelques éléments plus précis relatifs à ces formations.

7.2.1. Accompagner la genèse instrumentale et la genèse organisationnelle

Tout d'abord, ce travail confirme, à l'instar de Cuvelier (2014, p. 146), que « *concevoir des dispositifs de formation qui permettent l'appropriation d'artefacts, c'est aussi concevoir des dispositifs intégrant le développement des collectifs* » (Cuvelier, 2014, p. 146). **Il s'agit donc non seulement de former les acteurs aux fonctionnalités d'un appareil qu'ils vont utiliser dans le cadre de leur activité, mais également de considérer d'autres acteurs dont l'activité aura un impact sur l'utilisation de cet appareil. Il s'agit de former à l'utilisation de la nouveauté technique tout en provoquant le développement des collectifs puisque cette nouveauté entraîne des effets bien au-delà d'un seul métier.** Pour cela, des « *conditions organisationnelles sont à réunir pour obtenir une véritable vitalité du collectif, notamment des espaces de délibération sur les règles, des constructions d'objets intermédiaires, ou la construction d'un point de vue partagé sur les critères de qualité d'un travail 'bien fait'* » (Cuvelier, 2014, p. 147).

Autrement dit, si l'appropriation d'un nouvel appareil de traitement se fait dans le cadre de genèses instrumentales qui se caractérisent par une déstabilisation/restabilisation des instruments aux niveaux individuels et collectifs, ces genèses sont interdépendantes et elles fondent une genèse de niveau élargi : la genèse organisationnelle (Folcher, & Bationo-Tillon, 2019 ; Bationo-Tillon, Poret & Folcher,

2020 ; Folcher, Bationo-Tillon, Poret & Couillaud, à paraître). Au cours de cette genèse organisationnelle, les acteurs franchissent les frontières de leur propre monde pour identifier et intégrer des éléments des mondes d'autres acteurs du processus dans lequel ils sont engagés. L'accompagnement de ce processus de genèse organisationnelle peut se faire selon différentes modalités.

Tout d'abord, des méthodes d'assistance à la pratique réflexive (Mollo & Nascimento, 2013 ; Motté & Poret, 2018) peuvent favoriser et provoquer ces développements. Dans le cadre de cette recherche, nous avons pu constater que certaines réunions techniques étaient le lieu d'échanges collectifs inter-métiers pouvant présenter les prémisses de tels développements. Il pourrait alors être utile de les renforcer, particulièrement lors de périodes de transformation technique au sein du service.

Par ailleurs, ces réunions techniques inter-métiers, qui sont le lieu d'échanges sur les futures pratiques et sur le fonctionnement d'une nouvelle machine en amont de son déploiement dans un service, sont propices aux projections collectives. Ces échanges permettent en effet de se projeter collectivement quant à l'usage du nouveau dispositif, d'envisager ensemble les changements, de repérer les désaccords, de mettre à plat les pratiques actuelles pour envisager comment elles peuvent être améliorées, etc. À ce stade, la projection est peu précise, peu ancrée dans la complexité du réel de l'activité car on imagine les changements à venir. Toutefois, il s'agit d'une première étape qui est bénéfique au processus d'appropriation, en permettant de lever des premiers doutes, questionnements, attentes qui ne font que prendre de l'ampleur, le temps passant, dans un contexte de changement technologique. Il s'agit également d'imaginer les premières orientations du projet organisationnel.

7.2.2. Des formations qui favorisent la projection dans l'activité future aux niveaux individuels et collectifs

Des formations pourraient aider à la projection dans l'activité future, aux niveaux individuel et collectif. Nous avons fait le rapprochement entre les phénomènes de projection que nous avons caractérisés dans ce travail et les dispositifs de simulation du travail développés en ergonomie, qui sont conçus structurellement autour de ces phénomènes. A cet égard, Daniellou (2007) indique que des simulations successives relatives à un système de travail constituent « *un bon cadre pour initier [la] genèse instrumentale* » des acteurs qui, explorant le fonctionnement du nouveau système, « *commencent ainsi à développer des schèmes d'utilisation* » (p. 81). Autrement dit, ces simulations, et les projections qu'elles permettent, favorisent l'appropriation du système ou de la technique qui fait l'objet du projet. Il précise d'ailleurs que les acteurs qui participent à ces simulations « *font habituellement preuve, au moment du démarrage, d'une maîtrise du nouveau système bien supérieure à celle de leurs collègues qui ont seulement bénéficié des programmes de formation habituels* » (p. 81). Par ailleurs, cet accompagnement doit avoir lieu sur le moyen terme, et prendre la forme d'une aide à la stabilisation progressive des usages partagés.

7.3. ... tout en permettant de maintenir l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation du soin au cours de cette période

Les propositions que nous venons de faire permettent d'accompagner l'appropriation de la nouveauté technique à différents niveaux⁵⁶. Si cet accompagnement est indispensable, il n'est pas suffisant. Au cours de la période de déstabilisation/restabilisation des instruments et des pratiques qui caractérise l'appropriation, la sécurité des patients doit être maintenue, malgré ces moments de « turbulences » qui suivent l'introduction d'une nouveauté technique. Dans ce travail par exemple, suite à l'introduction d'un nouveau système d'imagerie médicale (SIM), le contrôle du positionnement du

⁵⁶ Ces différents niveaux ont été explicités en 7.1.

patient connaît des transformations qui peuvent fragiliser cette activité contribuant à la sécurisation du soin. En effet, les trois objectifs principaux constitutifs de cette activité – la préparation et la réalisation des images, la détection et la réduction des décalages – sont impactés de manière plus ou moins importante par le nouveau système (cf. fig. 17 du présent rapport).

Dès lors, les modes de fragilisation de cette activité au cours de cette période de transformations sont à étudier, pour adapter l'accompagnement du processus d'appropriation, notamment en le renforçant sur certains aspects et ainsi continuer d'assurer l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation du soin. Il s'agit là de l'objectif de la démarche méthodologique que nous avons proposée au chapitre 6.

Nous avons ainsi proposé **d'évaluer la performance d'une activité contribuant à la sécurisation du soin en amont et au cours de la période d'appropriation d'une nouveauté technique** en deux étapes :

- la première étape consiste à évaluer la complexité des ACS impactées par l'introduction de la nouveauté technique. L'évaluation pourra débiter par un temps qui permettra de distinguer d'une part, les ACS qui se limitent à une validation, une vérification ou un contrôle réalisé(e) par un professionnel habilité à un instant t et d'autre part, celles qui mobilisent plusieurs professionnels dans une succession ou une combinaison d'actions exigeant une expertise dans un espace temporel pouvant se dérouler sur plusieurs jours.
- la deuxième étape de l'évaluation concerne la performance de l'ACS à étudier à partir de la mise en évidence de fragilisations. Dans ce travail, nous avons proposé d'analyser les effets d'un changement technique (SIM) sur l'ACS de contrôle du positionnement du patient. L'identification de certains points de fragilité techniques, humains et organisationnels de ce contrôle a conduit à remettre en question sa fonction de sécurité. Dans ce cadre, nous avons proposé trois critères d'évaluation de la complexité du processus d'appropriation d'un nouveau système technique : les nouveautés associées à l'activité mobilisant ce système, les difficultés rencontrées lors de la réalisation de la nouvelle activité et les contraintes qui pèsent sur cette réalisation.

Aussi, ce travail ouvre une nouvelle perspective dans l'analyse des risques. En effet, le processus d'appropriation d'un nouveau système constitue une période de fragilisation des pratiques, révélant des difficultés et des risques qui peuvent émerger au quotidien, tout en étant difficiles à mettre en évidence car fortement incorporés dans les pratiques professionnelles. Il ne s'agit pas d'analyser les risques en entrant par les « situations non nominales » comme cela est souvent le cas, mais à travers le processus de développement et de transformation des instruments en mobilisant sa capacité à révéler des fragilités.

Enfin, l'analyse d'une seule ACS en situation de travail sans l'avoir mise en relation avec d'autres constitue une limite de ce travail. Une perspective de recherche future pourrait être d'affiner l'analyse des ACS en radiothérapie pour enrichir la réflexion sur les barrières humaines de sécurité.

7.4. Des apports de cette recherche

Ce travail de recherche ouvre sur plusieurs types d'apports – opérationnels, théoriques et méthodologiques, que nous détaillons maintenant.

7.4.1. Caractérisation de l'ampleur des transformations résultant de l'introduction d'une nouveauté technique

Cette recherche permet de caractériser l'ampleur du processus d'appropriation engendré par l'introduction d'un nouveau système au sein d'un service de radiothérapie et de proposer des pistes

possibles pour l'accompagnement et l'évaluation de ce processus à différents niveaux. Plus précisément, elle permet de montrer que l'introduction d'une nouveauté technique :

- peut avoir des effets sur l'ensemble des activités du processus de radiothérapie, même si *a priori* cette nouveauté peut sembler n'impacter qu'une seule étape de ce processus ;
- ne se limite pas à la stricte dimension technique, puisqu'elle nécessite des transformations au niveau organisationnel, réalisées à l'occasion de genèses organisationnelles. Ces dernières se caractérisent par des tâtonnements instrumentaux, des remises en question individuelles et collectives au niveau du processus de radiothérapie, etc. dont l'objectif est de parvenir à un état relativement stabilisé qui permet à chacun de réaliser correctement son activité, selon les critères de qualité et d'efficacité qui sont propres à chacun des métiers, sans empêcher ou compliquer l'activité des autres acteurs du processus.

Autrement dit, l'introduction de la nouveauté technique impulse non seulement des genèses instrumentales au niveau de chacun des acteurs concernés, mais également des genèses organisationnelles qui en retour influent sur les genèses instrumentales. Nous touchons là du doigt l'imbrication étroite des dimensions techniques et organisationnelles dans le cadre d'un système technico-organisationnel.

7.4.2. Différentes avancées théoriques et méthodologiques

D'un point de vue théorique, les principaux résultats de cette recherche concernent :

- La caractérisation du processus d'appropriation comme une période de déstabilisation puis de restabilisation progressive des instruments, aux niveaux individuels et collectifs ;
- L'extension de la genèse instrumentale à la genèse organisationnelle, dans le cadre de la description du processus d'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale (SIM) ;
- La remise en question de la notion de « barrière de sécurité », au profit de celles d'activité contribuant à la sécurisation.

D'un point de vue méthodologique, cette recherche a articulé deux manières d'appréhender la dynamique du changement (fig. 21).

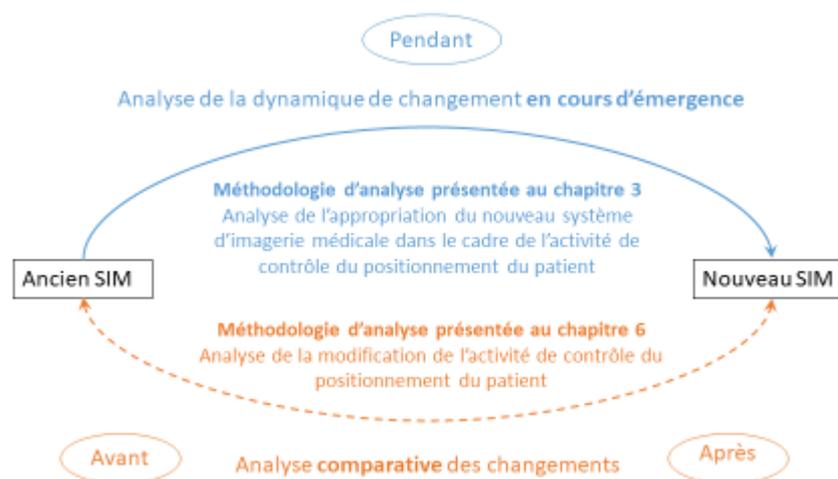


Figure 20 - Deux méthodologies d'analyse complémentaires pour appréhender la dynamique de changement
Il s'est en effet agi de :

- développer une méthodologie d'analyse du processus d'appropriation permettant de passer de la caractérisation statique d'un instrument à une modélisation dynamique et chronologique du processus de genèse instrumentale. Il s'agit des « trajectoires d'appropriation » qui

consistent à modéliser, moyennant quelques rétrodictions⁵⁷, un processus et non seulement un état stabilisé : cette méthodologie a été présentée au chapitre 3 ;

- sortir de cette perspective dynamique en comparant l'activité de contrôle du positionnement du patient avant et après l'introduction de la nouveauté technique, afin de pouvoir caractériser l'ampleur des changements : cette méthodologie a été présentée au chapitre 6.

La mise en œuvre de ces deux méthodologies a produit des résultats complémentaires, de nature différente, notamment pour ce qui concerne l'appréhension des dimensions organisationnelles.

7.4.3. Deux approches complémentaires de l'organisation et de la gestion des risques

L'approche comparative de l'activité de contrôle du positionnement du patient avant et après la modification technique (par les nouveautés, difficultés et contraintes) a permis d'appréhender **l'organisation transformée**, notamment en révélant des modifications, des pertes et des besoins accrus d'interactions à différents niveaux résultant de l'introduction du nouveau système d'imagerie médicale (SIM) dans le service : au niveau intra-métier entre les manipulateurs, inter-métiers entre les manipulateurs et les autres métiers du processus de radiothérapie et avec le patient.

L'approche dynamique du changement en cours d'émergence a quant à elle permis d'approcher **l'organisation en transformation**, appréhendée au prisme des activités individuelles et collectives qui la fondent et de leurs influences mutuelles. L'organisation est appréhendée dans son émergence, à partir des activités individuelles et des formes relativement stables d'activités collectives qui émergent à différents niveaux et qui font organisation. Autrement dit, si l'approche comparative permet d'accéder à des dimensions organisationnelles, notamment à la manière dont elles sont transformées par la nouveauté technique, l'approche dynamique du changement en cours d'émergence permet d'accéder à l'organisation en train d'advenir à partir des activités individuelles et des formes relativement stables d'activités collectives de différents niveaux : la genèse organisationnelle.

Ces deux façons complémentaires d'accéder à l'organisation permettent d'envisager la gestion des risques selon un double mouvement⁵⁸ :

- un mouvement **rétrospectif**, qui part de la connaissance des transformations de l'activité introduites par le changement technique. A partir d'une comparaison de ces transformations avec l'activité passée, ce mouvement permet d'accéder à **l'ampleur** des transformations introduites et d'en déduire des risques potentiels à partir de la mise en correspondance de cette ampleur des transformations avec la force de déstabilisation des pratiques. Ce mouvement d'analyse des risques est dit rétrospectif dans le sens où il part de la connaissance de l'état transformé par la nouveauté technique et qu'il tend vers le passé, en comparant ce nouvel état avec l'ancien ;
- un mouvement **progressif**, qui tend vers le futur et appréhende l'identification des risques au fil de la continuité d'émergence de l'organisation, « chemin faisant ».

⁵⁷ Veyne (1971) définit la rétrodiction comme une « prophétie raisonnable » qui permet à l'historien, en cas de manque de sources pouvant expliquer un événement ou un fait, de remonter « *par rétrodiction de l'effet à sa cause hypothétique* » (p. 201). Il s'agit alors de « boucler un trou » en faisant une inférence « raisonnable » car fondée sur les connaissances dont l'historien dispose par rapport à une époque donnée.

⁵⁸ Ce double mouvement est emprunté à Sartre (1986) et repris au sein du programme de recherche « Cours d'action » (Theureau & Jeffroy, 1994 ; Theureau, 2004).

7.4.4. Proposition d'une démarche d'accompagnement du changement qui articule deux dimensions

Enfin, ce rapport propose des **pistes pour une démarche d'accompagnement du changement**⁵⁹ qui articule deux accompagnements à mener en parallèle :

- l'un, **d'accompagnement du processus d'appropriation** en tant que tel, aux niveaux individuels et collectifs, pour accompagner le passage de la genèse instrumentale à la genèse organisationnelle qui est une condition *sine qua none* pour que l'appropriation de la nouveauté technique permette de maintenir la performance du processus de radiothérapie dans son ensemble ;
- l'autre, qui consiste à **sécuriser le processus de soin en cours de déstabilisation/restabilisation**. Il s'agit de s'assurer de l'efficacité des activités contribuant à la sécurisation du soin mises en œuvre par les acteurs au fil du processus de radiothérapie, au cours de cette période de transformations et de « turbulences » constituée par la période d'appropriation.

⁵⁹ Cette démarche est complémentaire de l'outil actuellement développé par l'IRSN pour aider les équipes de radiothérapie à s'approprier une nouvelle technique de traitement ou un nouveau matériel. Cet outil présente, en 5 étapes, des propositions et des points de vigilance pour guider les équipes de radiothérapie dans leur projet de changement. L'objectif est de contribuer in fine à sécuriser les traitements délivrés aux patients (projet IMRTH).

GLOSSAIRE

ACS : Activité Contribuant à la Sécurisation du soin

DRR : *Digitally Reconstructed Radiograph* (il s'agit des images de référence pour le positionnement générées à partir des images prises au scanner)

ORL : Oto-Rhino- Laryngologie

SIM : Système d'Imagerie Médicale

Crédit photo : Sarah Carminati

RÉFÉRENCES

- [1] Amalberti, R. (2004). De la gestion des erreurs à la gestion des risques. Dans P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 285-300). Paris: PUF.
- [2] Amalberti, R. (2009). L'impact des nouvelles technologies sur le risque. *Contrôle*(185 "La sécurité des traitements en radiothérapie externe"), 73-74.
- [3] Amalberti, R. (2013). *Piloter la sécurité. Théories et pratiques sur les compromis et les arbitrages nécessaires*. Paris : Springer.
- [4] Apostolidis, T. (2006). Représentations Sociales et Triangulation: une application en psychologie sociale de la santé. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 22(2), 211-226.
- [5] Bationo-Tillon, A., & Rabardel, P. (2015). L'approche instrumentale: conceptualiser et concevoir pour le développement. Dans F. Decortis, *L'ergonomie orientée enfants. Concevoir pour le développement*. Paris: PUF.
- [6] Bationo-Tillon, A., Poret, C., & Folcher, V. (2020). Appréhender le développement des organisations à la croisée du cours d'action et de l'approche instrumentale: la perspective transitionnelle. *Activités*, 17(2).
- [7] BEA. (2012). *Rapport final - Accident survenu le 1er juin 2009 à l'Airbus A330-203 immatriculé F-GZCP, exploité par Air France, vol AF 447 Rio de Janeiro - Paris*.
- [8] Béguin, P. (2005). La simulation entre experts: double jeu dans la zone proximale de développement et construction d'un monde commun. Dans P. Pastré, *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (pp. 55-77). Toulouse: Octarès.
- [9] Béguin, P. (2007). Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs: une approche développementale. *Le Travail Humain*, 70(4), 369-390.
- [10] Bourmaud, G. (2013). De l'analyse des usages à la conception des artefacts: le développement des instruments. Dans P. Falzon, *Ergonomie constructive* (pp. 161-173). Paris: PUF.
- [11] Carminati, S., Cuvelier, L., Faye, H., & Decortis, F. (2013). Les évolutions technologiques en radiothérapie: quels impacts sur l'activité des soignants et la sécurité des soins? *48ème Congrès International de la SELF*. Paris, France.
- [12] Caroly, S., Moisan, S., Juret, I., Brinon, C., Guillo-Bailly, M.-P., & Roquelaure, Y. (2009). Instruments de manutention des malades, usage du corps et appropriation des gestes collectifs des soignants. *Pistes*, 11(2).
- [13] Chauvet, B., Mahe, M.-A., Maingon, P., Mazon, J.-J., & Mornex, F. (2013). *Livre blanc de la radiothérapie en France: Douze objectifs pour améliorer un des traitements majeurs du cancer*. Société Française de Radiothérapie Oncologique (SFRO).
- [14] CIEHF. (2016). *White Paper: "Human Factors in Barrier Management"*.
- [15] Cosset, J.-M. (2008). *Des rayons contre le cancer, tout savoir sur la radiothérapie*. Paris: Robert Laffont.
- [16] Cuvelier, L. (2014). Les dimensions collectives de l'appropriation: questionnement sur les liens entre développement des collectifs de métiers et développement des instruments. *TransFormations*, 12, 137-152.
- [17] Cuvelier, L., & Caroly, S. (2009). Appropriation d'une stratégie opératoire: un enjeu du collectif de travail. *Activités*, 6(2), 61-82.
- [18] Daniellou, F. (2007). Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *Activités*, 4(2), 77-83.
- [19] Daniellou, F., & Béguin, P. (2004). Méthodologie de l'action ergonomique: approches du travail réel. Dans P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 335-358). Paris: PUF.
- [20] Djellal, F., Gallouj, C., & Gallouj, F. (2004). De l'hôpital-fonction de production à l'hôpital service complexe et noeud de réseaux. Les différentes facettes de l'innovation hospitalière. *Revue française des affaires sociales*(1), 223-248.
- [21] Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. Dans P. Falzon, *Ergonomie constructive* (pp. 1-15). Paris: PUF.
- [22] Faye, H. (2018). *Mise en service des innovations technologiques en radiothérapie: étude sur le plan des facteurs organisationnels et humains*. Rapport IRSN non publié.
- [23] Flick, U. (1992). Triangulation revisited: strategy of validation or alternative? *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 22(2), 175-197.

- [24] Folcher, V., & Bationo-Tillon, A. (2019). Quelles formes d'implications pour accompagner les genèses organisationnelles? *Fabrique de l'Ergonomie*. 24-25 janvier 2019, CNAM, Paris.
- [25] Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, Artefacts, Activités: perspective instrumentale. Dans P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 251-268). Paris: PUF.
- [26] Folcher, V., & Sander, E. (2005). Usages, appropriation; analyse sémantique a priori et analyse de l'activité instrumentée. Dans P. Rabardel, & P. Pastré, *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*. Toulouse: Octarès.
- [27] Folcher, V., Bationo-Tillon, A., Poret, C., & Couillaud, S. (à paraître 2021). Des genèses instrumentales aux genèses organisationnelles, voies et moyens d'un défi développemental. Dans J. Arnoud, F. Barcellini, M. Cerf, & M. (. Perez-Toralla, *Développement et intervention*. Toulouse: Octarès, collection Travail et Activité Humaine.
- [28] Giraud, P. (2008). Innovations en oncologie radiothérapie. *Cancérologie*(707), 21-25.
- [29] Grimand, A. (2012). L'appropriation des outils de gestion et ses effets sur les dynamiques organisationnelles: le cas du déploiement d'un référentiel des emplois et des compétences. *Management & Avenir*, 2012/4(54), 237-257.
- [30] Gronier, G., & Sagot, J.-C. (2009). Démarche d'intégration d'un collectif au sein d'une organisation: facteurs de résistance et d'appropriation. *5ème Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE)*, (pp. 89-92). Nice, France.
- [31] Guibourdenche, J. (2020). Modélisation synthétique quantitative de plusieurs années d'activité. Quelle articulation entre signification en situation et complexité longitudinale? *Activités*, 17(2).
- [32] HAS. (2012). *Guide "La sécurité des patients - Mettre en oeuvre la gestion des risques associés aux soins en établissement de santé. Des concepts à la pratique"*.
- [33] Haslbeck, A., & Hoermann, H. (2016). Flying the needles: Flight deck automation erodes fine-motor flying skills among airline pilots. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(4), 533-545.
- [34] Haué, J.-B. (2003). *Conception d'interfaces grand public en terme de situations d'utilisation: le cas du Multi-Accès*. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Compiègne.
- [35] Hollnagel, E. (1995). The art of efficient man-machine interaction: Improving the coupling between man and machine. Dans J.-M. Hoc, P.-C. Cacciabue, & E. Hollnagel, *Cognition & Human-Computer Cooperation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- [36] Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Aldershot, UK: Ashgate.
- [37] Hussenot, A. (2006). Démarche empirique d'identification des trajectoires d'appropriation: le cas NotePlus. *Conférence Internationale de Management Stratégique* (pp. 1-25). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00267337>.
- [38] Iddir, O. (2012). Etudes des dangers: mesures de maîtrise des risques (barrières). *Techniques de l'ingénieur*.
- [39] INERIS. (2009). *Rapport d'étude n°DRA-09-103041-06026B. maîtrise des risques accidentels par les dispositions technologiques et organisationnelles - DRA 77. Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de sécurité - OMEGA 20*.
- [40] INERIS. (2018). *Rapport d'étude n°DRA-17-164432-10199B. Evaluation de la performance des Barrières Techniques de Sécurité - OMEGA 10*.
- [41] IRSN. (2008). *Améliorer la sécurité des traitements en radiothérapie en développant une culture de sûreté*. Rapport IRSN n° 2008-02.
- [42] IRSN. (2011). *Les professionnels de la radiothérapie face à l'obligation d'améliorer la sécurité des traitements*. Rapport IRSN/DIR/2011-01.
- [43] IRSN. (2020). Avis IRSN n° 2020-00169 - Demande d'avis concernant les pratiques d'imagerie médicale de positionnement en radiothérapie et la prise en compte des doses additionnelles liées à cette imagerie.
- [44] Jeanneret, T. (2010). Trajectoires d'appropriation langagière et travail identitaire: données et analyses. *Bulletin suisse de linguistique appliquée*, 2010/1, 27-45.
- [45] Jodelet, D. (2003). Aperçus sur les méthodologies qualitatives. Dans S. Moscovici, & F. Buschini, *Les méthodes des sciences humaines* (pp. 139-162). Paris: PUF.
- [46] Johansen, I., & Rausand, M. (2015). Barrier management in the offshore oil and gas industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49-55.
- [47] Lancry, A. (2009). Chapitre VI: Les méthodes de l'ergonomie. Dans A. Lancry, *L'ergonomie* (pp. 97-116). Paris: PUF.
- [48] Leontiev, A. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- [49] Libmann, J. (1996). *Eléments de sûreté nucléaire*. Les éditions de physique, ed. IPSN.
- [50] Mollo, V., & Nascimento, A. (2013). Pratiques réflexives et développement des individus, des collectifs et des organisations. Dans P. Falzon, *Ergonomie constructive* (pp. 207-221). Paris: PUF.
- [51] Motté, F., & Haradji, Y. (2010). Construire la relation de service en considérant l'activité humaine dans ses dimensions individuelles et collectives. Dans G. Valléry, M.-C. Le Port, & M. Zouinar, *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés*. Paris: PUF.
- [52] Motté, F., & Poret, C. (2018). La Simulation Réflexive Transverse: une méthode pour ancrer l'activité humaine au coeur de la performance de l'entreprise. *Activités*, 15(1).
- [53] Munoz, M.-I., Barcellini, F., Mollo, V., & Nascimento, A. (2015). Coopération asynchrone en milieu médical: prise en compte de la gestion de la variabilité liée au patient dans la conception d'un outil de workflow. *Activités*, 12(1), 70-88.
- [54] Neogy, P., Hanson, A., Davis, P., & Fenstermacher, T. (1996). *Hazard and Barrier analysis guidance document, Rev.0*. US department of Energy (DoE), EH-33 Office of Operating Experience Analysis and Feedback.
- [55] Nyssen, A.-S. (2004). Integrating Cognitive and collective aspects of work in evaluating technology. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, (pp. 743-748).
- [56] Pariès, J., & Vignes, P. (2007). Sécurité, l'heure des choix. *La recherche (Suppl. 413)*, 22-27.
- [57] Pernet, A. (2013). *Coproduire un soin sûr et efficace: le développement des capacités des patients en radiothérapie*. Thèse de doctorat en ergonomie, Conservatoire National des Arts et Métiers.
- [58] Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé.
- [59] Poizat, G., & Goudeaux, A. (2014). Appropriation et individuation: un nouveau modèle pour penser l'éducation et la formation? *TransFormations*, 12, 13-38.
- [60] Poret, C. (2015). *Concevoir pour le Pouvoir d'agir ensemble d'un collectif transverse. Le cas de la relation de service dans le domaine commercial*. Thèse de doctorat - Université Paris VIII.
- [61] Poret, C., Folcher, V., Motté, F., & Haradji, Y. (2016). Concevoir pour le Pouvoir d'agir ensemble au sein des organisations: le cas d'un processus commercial. *Activités*, 13(2).
- [62] Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les technologies*. Paris: Armand Colin.
- [63] Rabardel, P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. Dans P. Lorino, & R. (. Teulier, *Entre connaissance et organisation: l'activité collective* (pp. 251-265). Paris: La Découverte.
- [64] Rabardel, P., & Béguin, P. (2005). Instrument mediated activity: from subject development to anthropocentric design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 6(5), 429-461.
- [65] Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (1998). *Ergonomie: concepts et méthodes*. Toulouse: Octarès.
- [66] Reitz, A. (2014). *Analyse transverse de risques en radiothérapie: modélisation et évaluation des barrières et des facteurs techniques, humains et organisationnels à l'aide de Réseaux bayésiens*. Thèse en Automatique, traitement du signal et des images, génie informatique, présentée au sein de l'Université de Lorraine.
- [67] Roch, P., Derreumaux, S., Etard, C., & Isambert, A. (2018). Bienfaits et écueils de la mutation numérique de la radiothérapie. *Congrès Lambda Mu 21 "Maîtrise des risques et transformation numérique: opportunités et menaces"*, Oct 2018. Reims, France.
- [68] Rosenwald, J.-C. (2002). Sécurité en radiothérapie: le contrôle des logiciels et des systèmes informatiques. *Cancer Radiothérapie*, 180s-189s.
- [69] Sartre, J.-P. (1957/1986). *Questions de méthode*. Gallimard.
- [70] SINTEF. (2015). *Towards a holistic approach for barrier management in the petroleum industry*. SINTEF A26845.
- [71] Sklet, S. (2005). Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.
- [72] Thellier, S., & Le Tallec, P. (2019). L'analyse des risques d'un système sociotechnique complexe: le cas de la radiothérapie. *30e Congrès national de la Société Française de Radiothérapie Oncologique (SFRO)*, (pp. 510-516). Paris.
- [73] Theureau, J. (2004). *Le cours d'action: méthode élémentaire*. Toulouse: Octarès.
- [74] Theureau, J. (2011). Appropriations 1, 2 & 3 ou Un exemple de pouvoir heuristique et de capacité de croissance d'un programme de recherche ou Appropriation, Incorporation & In-culturation. *Journée Ergo-IDF*. CNAM, Paris.

- [75] Theureau, J., & Jeffroy, F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées. La conception centrée sur le cours d'action des utilisateurs*. Toulouse: Octarès.
- [76] Van Belleghem, L. (2012). Simulation organisationnelle: innovation ergonomique pour innovation sociale. *42e Congrès de la SELF*. Lyon, France.
- [77] Veillette, P. (1995). Differences in aircrew manual skills in automated and conventional flight decks. *Transportation Research Record*, 1480, 43-50.
- [78] Veyne, P. (1971). *Comment on écrit l'histoire*. Editions du Seuil.
- [79] Vygotsky, L. S. (1934/1985). *Pensée et Langage*. Paris: Editions sociales.

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

31 av. de la division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

COURRIER

B.P 17 - 92260 Fontenay-aux-Roses

TÉLÉPHONE

+33 (0)1 58 35 88 88

SITE INTERNET

www.irsn.fr

MEMBRE DE
ETSON