

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou



Faculté des Sciences Exactes
Département de Physique



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme Master

Option : Physique Médicale

Thème

COMPARAISON DOSIMETRIQUE DES TECHNIQUES
de Traitement 3D , IMRT et Hybride
DANS LE CANCER Du SEIN cas Mastectomie

Réalisé par :

- M^{elle}. Wissam BOUDJELIL

Soutenu le 27-07-2023 devant le jury composé de :

M ^r . N. SALI	Professeur	UMMTO	Président
M ^r . B.METCHAT	Physicien médical	HCM	Examineur
M ^r . B.DRIF	Radiothérapeute	HCM	Examineur
M ^{me} . S. AIT CHIKH	Physicienne médicale	HCM	Encadreur

Année universitaire

2022-2023

Remerciements

D'abord, nous tenons à remercier le bon dieu le tout puissant de nous avoir aidé et donné la Force de mener à bien ce modeste travail, également nous remercions infiniment nos parents Pour leur soutien et leur encouragement à arriver à ce stade de nos études.

Je tiens à remercier :

Monsieur Toutaoui **ABDELKADER**, directeur de la physique médicale et la radioprotection à L'hôpital Chahids Mahmoudi pour leurs aides précieuses tout au long du projet.

Madame **Ait Chikh** Sounya mon encadreur, je tiens à la remercier particulièrement pour ses Explications et ses connaissance pour ses précieux conseils, ses encouragements et sa Gentillesse.

Merci à Dr. Drif qui m'accordée un peu de son temps pour discuter autour de ce sujet de Mémoire.

Je tiens à remercier tout le personnel du service de radiothérapie de l'hôpital Chahids Mahmoudi.

En fin, nous avons certainement oublié des personnes qui nous ont aidées et qui ont Contribuées de loin ou de près à la réalisation de ce travail, sans eux nous n'aurions pas pu réaliser Ce modeste projet.

Merci.

SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire

Liste des figures et tableaux

Introduction générale1

Chapitre I : Généralité de traitement du cancer du sein

I.1	Introduction :	5
I.2	Anatomie du sein	5
I.3	Classification des cancers de sein:	6
I.4	Traitement du cancer du sein :	7
I.4.1	Chirurgie :	7
I.5	Traitements médicamenteux :	7
I.5.1	La chimiothérapie adjuvante :	8
I.5.2	La chimiothérapie Néo adjuvante :	8
I.6	La radiothérapie	8
I.7	Principe de la radiothérapie adjuvante dans le cancer du sein :	9
I.7.1	Simulation tridimensionnelle :	9
I.7.2	Contourage :	10
I.7.3	Planification de plan de traitement :	10
I.7.3.1	Planification directe:	10
I.7.3.1.1	Plan de traitements de RTC 3D:	11
I.8	Limitation de la 3D :	11
I.9	Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (IMRT) :	12
I.9.1	Planification inverse:	13
I.9.2	Les besoins de la technique IMRT	14
I.9.3	Les techniques de traitement hybrides	14
I.10	Evaluation des plans de traitement	15

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1	Introduction	18
II.2	Objectif de l'étude	18
II.3	Matériel et méthodes	18
II.3.1	Sélection des patientes	19
II.3.2	Planification de la radiothérapie	19
II.3.3	Acquisition des données des patientes	19
II.3.4	Contourage des volumes cible et des organes à risque	20
II.3.5	Prescription de la dose	20

II.3.6	La planification de traitement:.....	22
II.3.6.1	La planification 3D-CRT:.....	22
II.4	La planification RCMi :	23
II.5	La balistique de traitement :	24
II.6	La planification pour la technique hybride	25
II.7	Contraintes de dose :.....	25
II.8	Evaluation dosimétrique.....	27
II.9	Les indices dosimétriques:	27
II.10	Indice de conformité :	28
II.11	Indice de couverture :.....	29

Chapitre III : Résultat et discussion

1.	Caractéristiques générales.....	31
2.	Volume cible <PTV paroi gauche>.....	32
2.1.	comparaison des techniques hybrides.....	33
2.2.	comparaison des différentes techniques 3D , IMRT, HYBRIDE.....	33
3 .	Organes à risques.....	34
3.1 .	Cœur.....	34
3.2.	L'évaluation de la dose moyenne au cœur.....	35
3.2.	L'évaluation de la dose moyenne au cœur.....	35
3.4.	Poumons controlatérale.....	37
3.5.	Sien controlatérale.....	38
4.	Variation de la densité du flash (bolus) plan IMRT.....	39

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des Figures

Chapitre I

Figure I-1 : Anatomie de cancer du sein	5
Figure I-2 : moyen de contention pour le sein	9
Figure I-3 : IMRT type statique (step and shoot) [9].....	13
Figure I-4 : IMRT type dynamique (sliding window) [11].....	13
Figure I-5 : Etapes principales de la planification de plans de traitements de manière classique (planification directe, à gauche) et pour la modulation d'intensité (planification inverse, à droite).....	14

Chapitre II

Figure II-1 : Scanner simulateur GE Optima 580	19
Figure II-2 : Plan incline Sein (ORFIT)	20
Figure II-3 : accélérateur linéaire médicale Clinac IX23 de VARIAN	21
Figure II-4 : Plan de traitement technique 3D.....	23
Figure II-5 : balistique de traitement pour la technique IMRT	24

Chapitre III

Figure 1 : L'histogramme dose-volume(HDV) comparatif pour le PTV paroi entre 3D et L'IMART.....	32
Figure 2 : Histogramme de la variation de Dose (D2, D95) en fonction des technique 3D, IMRT, hybride.....	33
Figure 3 : La courbe présente une variation de structure flache en fonction de la dose.....	39

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I 1: classification des cancers des seins	6
---	---

Chapitre III

Tableau III 1 : caractéristiques générales des patientes.....	31
Tableau 2 : résumé des résultats dosimétriques concernant le volume cible	32
Tableau 3 : résumé des résultats dosimétriques pour les trois hybrides concernant le volume cible.....	33
Tableau 4 : résumé des résultats dosimétriques pour les trois techniques hybrides, 3D	33
Tableau 5 : Les résultats dosimétriques pour le cœur (technique IMRT hybrides, 3D).....	35
Tableau 6: Résultats dosimétriques pour le poumon (3D, IMRT).....	36
Tableau 7: Résultats dosimétriques pour le poumon (3D, hybride, IMRT).....	37
Tableau 8 : Résultats dosimétriques pour le poumon (3D, hybride, IMRT).....	37
Tableau 9: Résultats dosimétriques pour le sein controlatéral (3D, hybride, IMRT).....	38
Tableau 10: Résultats dosimétriques pour le PTV (3D, IMRT).....	39

Introduction générale

Introduction générale

Le cancer de sein est le cancer le plus fréquent chez les femmes, qui touche plus des patiente plus jeune, lorsque est il diagnostiqué tôt, les options de traitement varient en fonction du type de la tumeur, de sa localisation et de sa classification TNM, ainsi que d'autres facteurs. Il n'existé pas de traitement non invasif garantissant une guérison complète sans aucune toxicité, mais grâce aux différentes traitements disponible avec les nouvelles techniques, il est parfois possible de guérir le patient avec moins d'effet secondaire.

Le but de la radiothérapie externe est de détruire les cellules tumorales en délivrant des doses par des irradiations au volume cibles tout en préservant au maximum les tissus sains avoisinants, pour cela plusieurs techniques de radiothérapie externe peuvent être proposées : conformationnelle RC-3D, la radiothérapie avec modulation d'intensité IMRT, VMAT.

La mise en œuvre d'un traitement de radiothérapie s'effectue en trois grandes étapes : l'acquisition des données anatomiques du patient, la planification dosimétrique du traitement et la délivrance du traitement par des accélérateurs linéaires.

Le faisceau tangentiel standard utilisés en radiothérapie conformationnelle 3D, peuvent obtenir des résultats acceptables, mais dans certain cas l'anatomie de la paroi thoracique entraine fréquemment des distributions de dose non homogènes, de plus le poumon, le cœur dans le cancer de sien gauche, sont des organes à risque (OAR) , la radiothérapie avec modulation d'intensité (IMRT) peut améliorer la couverture et l'homogénéité de la dose et minimiser la dose au coeur, au poumon et au sein controlatérale par rapport à la RC-3D.

Le but de ce mémoire est de réaliser une comparaison dosimétrique entre la technique RC-3D et RCMi et dans le cas d'irradiation du sein gauche après une mastectomie, vers la technique hybride qui combine les deux techniques afin d'avoir une meilleure dose à l'organe a risque tout on respectant les conditions de respiration libre (sans suivit du volume ITV) Mais aussi la dose au organe a risque, notamment la dose au cœur pour le cas des Her2 positive,

Notre travail est organisé en trois chapitres comme suite : le premier chapitre principalement sur l'anatomie du cancer de sein et sa prise en charge en radiothérapie externe ainsi que les techniques de traitement notamment RC-3D et la RCMi et la technique hybride. Le deuxième chapitre donne une description des méthodes et matériels qui ont été utilisé pour la réalisation de ce travail. Le dernier chapitre (chapitre3) englobera l'analyse des résultats

Introduction générale

obtenus et la comparaison de la RCMI et la RC-3D et la technique hybride. Et nous finirons par une conclusion.

Généralités de traitement du cancer du sein

Chapitre I :
Généralité
de traitement
du cancer du
sein

I.1 Introduction :

Le cancer du sein est le principal cancer en termes d'incidence chez la femme (bien qu'il puisse toucher aussi, mais beaucoup plus rarement, l'homme). Malgré qu'il est classé parmi les cancers de bon pronostic, les effets secondaires due au traitement dans le cas du cancer du sein gauche, provoque des effets secondaires qui affecte la qualité de vie, ainsi des problèmes irréversibles sur le cœur.

I.2 Anatomie du sein

Le sein est situé au niveau de la cage thoracique, sur le muscle grand pectoral qui s'étend de la clavicule au sternum, il est lié au creux axillaire. Il est constitué de différents parties, notamment d'une glande mammaire, de ligaments de soutien appelés ligaments de Cooper et de tissu adipeux (graisse) le tout recouvre par la peau. Il repose au – dessus du muscle pectoral et contient également des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques et des nerfs.

La glande mammaire est divisée en lobes, qui sont de 15 à 20 sections distinctes. Chaque lobe est composé de lobules .Ces lobules sont reliés aux canaux qui transportent le lait vers le mamelon, situés au centre du sien. On peut également observer des chaines de ganglions lymphatiques dans le sein. Ces ganglions lymphatiques ont pour rôle de filtrer les microbes et de protéger le corps contre les infections et les maladies [1].

Le cancer du sein peut se développer au niveau d'un canal galactophore comme dans un lobule ,et il peut également se retrouver au niveau des ganglions lymphatiques [1].

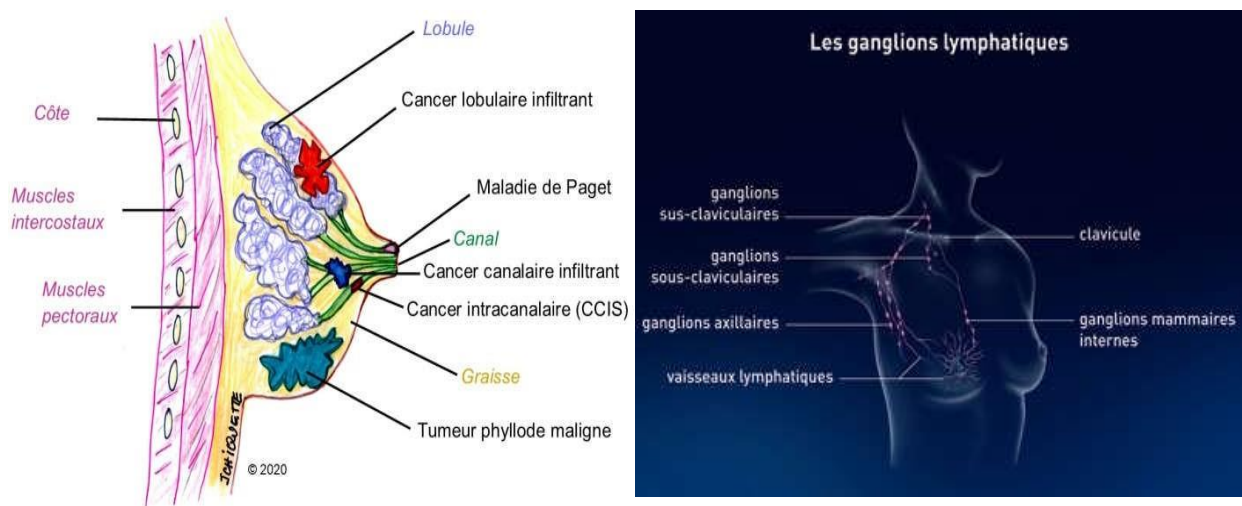


Figure 0-1 : Anatomie de cancer du sein.

I.3 Classification des cancers de sein:

Cette classification se base principalement sur trois (3) lettres T, N, M qui est un système de classement des cancers selon leur extension anatomique, dont la première correspond à l'envahissement par la tumeur primaire, alors que la seconde indique une atteinte des ganglions lymphatiques, quant à la dernière (M) s'il y a ou non des métastases.

T	T1:tumeur <2cm dans sa plus grande dimension	T1mic: micro-invasion<0,1cm	
		0,1cm < T1a< 0.5 cm	
		0.5 cm < T1b ≤1 cm	
		1cm< T1c <2cm	
	2cm < T2 < 5cm dans sa plus grande dimension		
	T3 > 5cm dans sa plus grande dimension		
	T4 : toute taille avec	T4a: extension à la paroi thoracique	
		T4b: extension à la peau	
		T4c :T4a+T4b	
		T4d : tumeurs Inflammatoires	
cN	N0: pas d'envahissement ganglionnaire		
	N1:adénopathies axillaires homolatérales suspectesmobiles		
	N2	N2a: ganglions axillaires homolatéraux fixés	
		N2b: ganglions mammaires internes sans adénopathie axillaire	
	N3	N3a:ganglions suspects sous-claviculaires et axillaire	
		N3b: ganglions axillaires et mammaires internes homolatéraux	
		N3c:ganglions sus-claviculaires homolatéraux suspects	
N	N1 :1-3 a adénopathies		
	N2 :4-9 adénopathies		
	N3 :10 adénopathies et plus		
M	M0: pas de métastases retrouvées		
	M1: métastases (adénopathies sus-claviculaires incluses)		

Tableau 0-1: classification des cancers des seins (forumed.org).

Suivant la classification TNM les différentes stratégies susceptibles d'être choisies sont alors les suivantes:

- La chirurgie
- La radiothérapie
- Les traitements médicamenteux (chimiothérapie, hormonothérapie, thérapies ciblées).

Ces traitements peuvent être appliqués seuls ou en les associant les uns avec les autres. Leur choix fait l'objet d'une concertation pluridisciplinaire où au moins trois médecins de spécialités différentes et d'autres professionnels de la santé se réunissent pour déterminer, en tenant compte des spécificités de la patiente et de ses résultats d'analyse (radiologique et radio biologique) de la démarche à suivre pour assurer sa prise en charge.

I.4 Traitement du cancer du sein :

I.4.1 Chirurgie :

Après qu'un cancer du sein soit diagnostiqué, la première stratégie à laquelle on a cours est généralement la chirurgie. Lors de cette intervention, le chirurgien peut procéder de deux manières:

➤ **Chirurgie conservatrice** (ou tumorectomie) où seule la tumeur est retirée ainsi qu'une petite partie des tissus environnants et conserver la plus grande partie du sein.

➤ **Chirurgie non conservatrice** (ou mastectomie) où il effectue l'ablation complète du sein. Dans tous les cas, la chirurgie est toujours ponctuée par une procédure appelée «curage ganglionnaire » qui est le retrait d'un certain nombre de ganglions axillaires pour vérifier s'il s'agit d'un cancer infiltrant ou pas, ce qui conditionne grandement le choix des traitements complémentaires.

Suite à l'intervention chirurgicale, le dossier clinique du patient est soumis à d'autres médecins spécialistes dans le cadre d'une réunion de concertation pluridisciplinaire où le choix du traitement thérapeutique (curatif ou palliatif) est déterminé.

I.5 Traitements médicamenteux :

Trois types de médicaments anticancéreux sont utilisés pour traiter les cancers du sein Il s'agit de traitements qui agissent dans l'ensemble du corps. Cela permet d'atteindre les

cellules cancéreuses quelle que soit leur localisation, même si elles sont isolées et n'ont pas été détectées lors du diagnostic.

- Les molécules de chimiothérapie : agissent sur les mécanismes de la division cellulaire.
- Thérapies ciblées : bloquent des mécanismes spécifiques des cellules cancéreuses. [5]
- L'hormonothérapie : agissent sur les récepteurs hormonaux.

Les médicaments employés, les doses administrées, ainsi que le rythme des cures de chimiothérapie ou la durée du traitement ciblé varient sur la base de protocoles prédéfinis, d'une personne à l'autre, en fonction des caractéristiques du cancer, de leur efficacité et de la tolérance au traitement. C'est pourquoi le plan de traitement est déterminé au cas par cas :

I.5.1 La chimiothérapie adjuvante :

Dans ce cas, la chimiothérapie est appliquée après la chirurgie pour détruire toutes les cellules cancéreuses pouvant rester dans la zone opérée.

I.5.2 La chimiothérapie Néo adjuvante :

Elle est réalisée avant la chirurgie, seule ou en association avec la chimiothérapie ou l'hormonothérapie. Elle est utile pour détruire les cellules cancéreuses et réduire la taille de la tumeur. Cette option est le plus souvent proposée dans les cas où la tumeur est importante ou difficile à extirper. [2]

Une fois l'indication de la chimiothérapie est établie et le patient informé, il commence son traitement, au même temps son dossier est déposé en radiothérapie pour la programmation.

I.6 La radiothérapie

La radiothérapie est une méthode de traitement du cancer qui consiste à utiliser des rayonnements ionisants de haute énergie de manière contrôlée. Son objectif principale est de détruire les cellules tumorales en administrant des doses d'irradiation au volume cible, tout en préservant autant que possible les tissus sains environnants. Plusieurs techniques de radiothérapie externe peuvent être utilisées pour atteindre cet objectif, notamment la Radiothérapie 3D, l'IMRT (radiothérapie par modulation d'intensité), la VMAT (volumétrie modulée arc thérapie).

I.7 Principe de la radiothérapie adjuvante dans le cancer du sein :

De nos jours, la technique d'irradiation conformationnelle en trois dimensions (RC-3D) est considérée comme le standard pour la prise en charge adjuvante des cancers du sein et elle est appliquée en routine clinique.

I.7.1 Simulation tridimensionnelle :

Elle s'effectue à partir d'une acquisition tomodensitométrique sur un scanner simulateur reliée à des logiciels spécifiques de dosimétrie : TPS (Treatment Planning System) via un réseau informatique.

Le scanner va permettre la délimitations des volumes cibles tels que le volume cible anatomo-clinique (CTV : Clinical Target Volume) et des organes à risque (OARs).

La patiente est positionnée par le manipulateur en position de traitement et cela à l'aide de moyen de contention, un plan incliné de manière confortable afin de la reproduire durant les séances de traitement.



Figure 0-2 : moyen de contention pour le sein

I.7.2 Contourage :

Dans cette étape le médecin radiothérapeute est le responsable pour contourer tous le volume cible et les organes voisines des organes cible, la délimitation de ce dernier est effectuée sur un système informatisé de planification TPS qui permet une visualisation en 2D (coupe par coupe) et une reconstruction en 3D des volumes d'intérêt. Le contourage des volumes cibles se fait selon les recommandations de « international commission on radiation units » (ICRU).

Les organes à risque dans le cancer de sein cas parois gauche :

- **Cœur** : est un organe à risque critique en raison de sa sensibilité aux radiations les contraintes de dose sur le cœur sont définies pour minimiser les complications cardiovasculaires.
- **Poumon homolatérale** : est un organe à risque importants les contraintes de dose visent à prévenir les lésions pulmonaires telle que la pneumonie radique.
- **Poumon controlatérale** : fait référence au poumon sain situé du côté opposé au sein traité, il est considéré comme un organe à risque.
- **Sein contre latérale**: fait référence au sein situé du côté opposé à la tumeur de sein traitée.

Il est considéré comme un organe à risque car il reçoit une certaine exposition aux rayonnements.

I.7.2.1 Planification de plan de traitement :

Un système de planification de traitement (TPS) est nécessaire pour un traitement de radiothérapie externe, ce système est adapté pour la routine clinique. Pour ce faire, les données anatomiques issues des CT ainsi que la description des faisceaux de l'appareil de traitement doivent être apportées au système (TPS). Différents algorithmes constituent en effet le TPS destinés à l'optimisation ou au calcul de dose choisi en fonction de la technique de traitement et de la précision demandée.

I.7.2.2 Planification directe:

Dans le cas de la planification directe, cas de la technique 3D, c'est à l'opérateur de choisir la balistique d'irradiation. Celle-ci comprend le nombre et l'orientation des faisceaux de rayonnement, les limites des champs d'irradiation et la pondération.

En plus de cela, il peut décider d'opter pour l'utilisation d'accessoires modificateurs du faisceau (comme par exemple les filtres en coin)

I.7.2.2.1 Plan de traitements de RC-3D:

La radiothérapie conformationnelle 3D (RC-3D) est le terme utilisé pour décrire la création et l'exécution du plan de traitement par radiothérapie basés sur des données d'images 3D.

Dans la technique 3D un seul isocentre est créé au milieu de la paroi, au centre de la droite qui relie la ligne médiane à la ligne axillaire, l'irradiation se fait par deux faisceaux de photons opposés et tangentiels opposés (TG externe, TG interne) à la paroi thoracique un certain volume pulmonaire et Cardiaque est alors inclus dans le volume traité du à la forme de la paroi thoracique,

Le choix de l'angulation du bras de l'accélérateur et l'énergie des faisceaux de photon (6 MV, 18 MV) est faite de manière à permettre une irradiation précise et homogène et avoir une bonne couverture du PTV tout en minimisant l'exposition de poumon ipsilatéral, du cœur et de sien controlatérale.

Actuellement, une dose totale de 50 Gy est administrée en 25 fractions de 2 Gy. Cette dose est essentielle pour garantir un contrôle local adéquat de la maladie, car le niveau de Contrôle dépend de cette dose spécifique.

I.8 Limitation de la 3D :

L'utilisation du scanner dans la planification de la radiothérapie a permis de visualiser la répartition précise de la dose de traitement révèlent des zones de surdosage (point chauds) ou la dose peut atteindre jusqu'à 110% de la dose prescrite. Ce surdosage pouvant entraîner des réactions cutanées aiguës, mais peut-être réglée avec l'utilisation des modificateurs de faisceaux ` filtre en coin`.

Cependant, la réalisation de la radiothérapie conformationnelle en 3D présente des limites lors de l'irradiation en raison de la complexité des volumes à traiter et l'organe à risque, cette complexité est liée à la forme géométrique de la paroi, à l'acte chirurgical lors de la mastectomie, Mais aussi associée à la chimiothérapie, elle peut entraîner une toxicité potentielle des organes à risque, notamment au niveau cardiaque et pulmonaire. Vue de nos

jours, les patients sont de plus en plus jeune, et surtout les patients qui se présentent avec un bilan Her2 positive, qui nécessite une évolution dans la technique de traitement pour moins de toxicités [17].

I.9 Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (IMRT) :

La radiothérapie avec modulation d'intensité (IMRT) représente l'une des principales innovations techniques dans la radiothérapie moderne. L'IMRT est un traitement conforme aux trois dimensions (3D) avancé qui utilise des modèles d'intensité des faisceaux non uniforme c'est – à –dire la variation de l'intensité de faisceaux en cours d'irradiation (lors d'une même séance) grâce a des systèmes de collimation dynamique. [5][6]

L'IMRT utilise des techniques de planification inverse. Qui permettent d'optimiser la distribution de la dose avec des algorithmes de calculs spéciaux pour obtenir une meilleure distribution que la 3D-CRT.

Cette technique permettant de conformer de façon aussi précise le volume d'irradiation elle représente donc un avantage certain pour les régions difficiles à traiter du fait de la complexité des structures anatomiques voisines et/ ou de la proximité de tissus très sensibles

Les collimateurs multi-lames (MLC) sont appliqués pour moduler le profil d'intensité du faisceau. Le bras de l'accélérateur reste fixe pendant l'irradiation. Le nombre de faisceaux est en fonction du niveau des contraintes de doses imposées au PTV, aux OAR et aux tissus sains au voisinage de la tumeur. Plus les volumes cibles présentent une ou des concavités importantes et une proximité des organes à risque, plus le nombre de faisceaux nécessaires pour réaliser une bonne conformation de distribution de dose au volume cible augmente.

Chaque faisceau est subdivisé certain nombre de segments plus petits, la forme de ses segments est réalisée par des lames du collimateur multi-lames (MLC) et chaque segment possède sa propre pondération en dose. Deux modes de délivrance de segment existent : le mode statique « step and shoot », et le mode dynamique « sliding window ».

IMRT statique « step and shoot »:

L'irradiation se fait de manière séquentielle : entre deux irradiations successives les lames du collimateur se déplacent pour définir une nouvelle forme de champ à laquelle est associé un

Certain nombre d'unité moniteur à délivrer. Le faisceau est éteint pendant que les MLC se

déplacent entre les champs. [7][8]

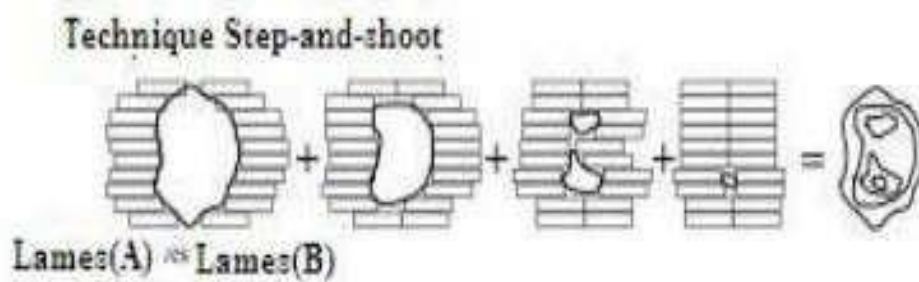


Figure 0-3 : IMRT type statique (step and shoot) [9]

IMRT dynamique « sliding window »:

L'irradiation se fait en continu simultanément au déplacement continu des lames et la délivrance de faisceau est plus rapide que la méthode statique, peuvent produire des distributions de dose plus complexes et peuvent produire des intensités variées. [10]

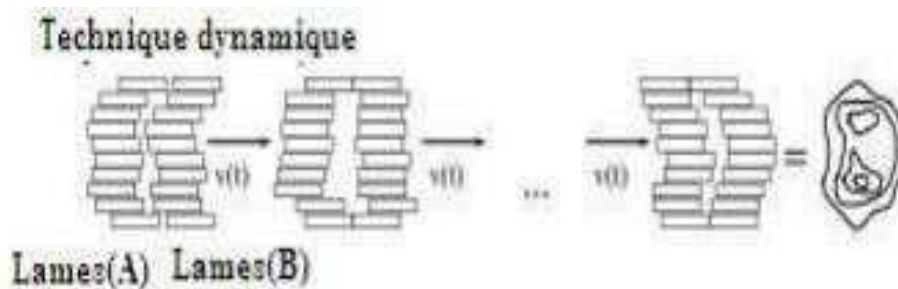


Figure 0-4 : IMRT type dynamique (sliding window) [11]

I.9.1 Planification inverse:

La planification inverse est une procédure de dosimétrie prévisionnelle dont le point de départ est fondé sur les objectifs cliniques (physique ou biologiques) imposés par le radiothérapeute (dose à la tumeur et aux OAR), le TPS calcule, les paramètres de l'irradiation nécessaires pour parvenir à ces objectifs. Ce processus d'optimisation est dit inverse par opposition à la planification directe utilisée en radiothérapie conventionnelle ou conformationnelle, où les objectifs cliniques constituent la finalité et non le point de départ du plan de traitement. [26,27]

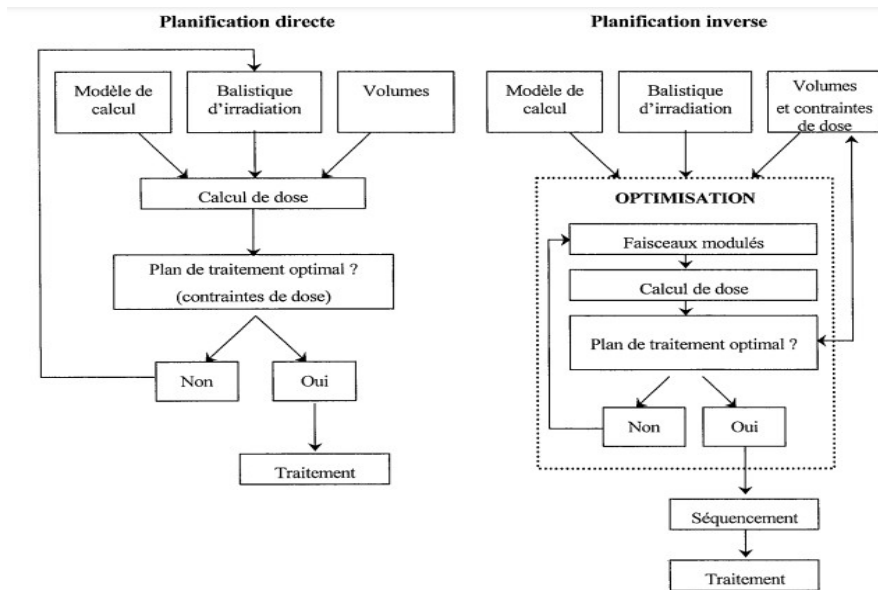


Figure 0-5 : Etapes principales de la planification de plans de traitements de manière classique (planification directe, à gauche) et pour la modulation d'intensité (planification inverse, à droite).

I.9.2 Les besoins de la technique IMRT

Pour l'implémentation de la technique IMRT pour le sein, certaines modifications doivent être apportées au circuit du malade, au scanner simulateur, des moyens de positionnement du malade avec une meilleure reproductibilité

Un système de repositionnement peau à peau

Un système pour le suivi du déplacement du volume de traitement lors de la respiration afin de ne pas sous-doser le volume à traiter.

Un temps de traitement plus important.

I.9.3 Les techniques de traitement hybrides

C'est une méthode hybride qui combine la 3DCRT ou avec la RCMi statique en différents pourcentages. Cette méthode donne une très bonne distribution de dose au niveau du volume cible (paroi thoracique) et de meilleures contraintes pour les OAR différents :

Cette technique répond au besoin d'un service qui ne dispose pas de technique de repositionnement peau à peau, ou de respiration bloquée.

I.10 Evaluation des plans de traitement

Le système de planification de traitement permet de visualiser et d'évaluer le plan de traitement qui se fait à partir des courbes iso- doses et des Histogrammes Dose Volume (HDV) calculés. Certaines contraintes sur la dose reçue par les volumes cibles et les organes à risques permettent de choisir le meilleur plan de traitement. Plusieurs essais de balistique sont parfois nécessaires pour l'obtention du meilleur résultat.

Matériels et Méthodes

Chapitre II :

Matériels et

méthodes

II.1 Introduction

La technique la plus utilisée pour le traitement du cancer du sein en radiothérapie externe après mastectomie est la technique conformationnelle 3D (RC-3D), mais l'utilisation de la radiothérapie conformationnelle par modulation d'intensité (RCMI) comme nouvelle technique standard de traitement suscite l'intérêt mais qui ne peut être adaptée pour un traitement quotidien sans les moyens de contention adéquats et de vérifications du mouvement respiratoire pour chaque séance.

Il convient alors de réaliser la technique hybride qui mixe entre ces deux techniques pour déterminer laquelle est la plus adaptée. Notre étude concerne justement la comparaison dosimétrique entre ces deux approches que nous réalisons à l'aide d'une population de patients pour lesquels nous créons dans un premier temps des plans de traitement avec la technique RC-3D puis ces mêmes patients se voient recréer des plans de traitement avec la technique RCMI et par la suite la technique hybride.

II.2 Objectif de l'étude

Cette étude a pour objectif de comparer les données dosimétriques des deux techniques, la technique (RC-3D), et la technique IMRT dans le cas d'irradiation du sein gauche après une mastectomie, et de passer des deux techniques vers la technique hybride afin d'avoir une meilleure dose aux organes à risque tout en respectant les conditions de respiration libre (sans suivi du volume ITV), la D95%, D98%, et la D2% qui représentent les paramètres les plus pertinents pour la comparaison des couvertures des PTV et des zones de maximum de dose, mais aussi la dose au organe à risque, notamment la dose au cœur pour le cas des Her2 positives.

II.3 Matériel et méthodes

Dans cette section, nous allons décrire dans le détail tout le matériel que nous avons utilisé dans le cadre de notre étude. Nous parlerons des raisons qui nous ont poussé à sélectionner notre échantillon de patients, puis expliqueront pas à pas tout le processus de planification qui a été mis en œuvre pour arriver à nos résultats.

II.4 Sélection des patientes

Nous avons sélectionné un échantillon de 11 patientes toutes atteintes d'un cancer du sein gauche localisé traitées, après mastectomie, en radiothérapie avec la technique RC-3D au niveau de l'hôpital Chahids Mahmoudi de Tizi-Ouzou.

Les raisons qui nous ont poussés à choisir ces patientes en particulier est le fait que la technique RCMI pourrait présenter dans ces cas précis un intérêt potentiel pour l'optimisation des plans de traitement pour réduire la toxicité cardiaque et pulmonaire.

II.5 Planification de la radiothérapie

II.5.1 Acquisition des données des patientes

Toutes les patientes incluses dans notre étude ont fait l'objet d'une acquisition de leurs données anatomiques par le biais d'un scanner de simulation «GE OPTIMA 580 » du service de radiothérapie de l'hôpital Chahids Mahmoudi.

L'acquisition CT de ces patientes s'est faite à l'aide de dispositifs de contentions qui ont permis de réduire les mouvements et les potentielles erreurs qui auraient pu en découler. Les images ainsi obtenues sont ensuite transférées sur la station de planification de traitement via le réseau.



Figure 0-6 : Scanner simulateur GE Optima 580



Figure 0-7 : Plan incline Sein (ORFIT)

II.5.2 Contourage des volumes cible et des organes à risque

La délimitation des volumes cible des patientes a été effectuée par les médecins radiothérapeutes qui se sont basés sur les rapports de l'ICRU et RTOG pour tenir compte des délimitations des volumes cible et des marges de sécurité appropriées.

Le volume cible CTV (volume cible anatomo-clinique) a pu être contourné et délimité avec l'aide d'un fil radio-opaque (ou fil de plomb) déposé lors de la phase simulation sur le sein contre latérale.

Le volume cible prévisionnel (PTV) quant à lui a été obtenu en rajoutant une marge de 5mm au CTV.

Les organes à risques (OAR) qui ont été délimités par le médecin sont le cœur, le poumon, le sein controlatéral.

II.5.3 Prescription de la dose

La dose totale qui a été prescrite au PTV «ptv pari» était de 50 Gy. Cette dose a été délivrée en 25 fractions de 2 Gy par fractions (à raison d'une fraction par jour pour 5 fractions par semaine).

Que ça soit dans le cas de la technique RC-3D ou IMRT ainsi que la technique hybride, la dose a été délivrée au moyen d'un faisceau de photons de 6 MV par l'accélérateur linéaire de la marque VARIAN.



Figure 0-8 : accélérateur linéaire médicale Clinac IX23 de VARIAN

Pour avoir une couverture optimale du volume cible, le PTV « paroi » doit recevoir un minimum de 47.5 Gy qui correspond à 95% de la dose totale qui est délivrée à 95% du volume cible.

Les contraintes de dose aux OAR sur lesquelles nous nous appuyons dans le cadre de cette étude proviennent du protocole suivi par l'équipe de radiothérapie de l'hôpital Chahids Mahmoudi (recoad 2023)

II.5.4 Système de planification de traitement TPS (ECLIPSE):

Tous les plans que nous avons créés et optimisés ont été élaborés sous le système de planification de traitement ECLIPSE version 13.7. 21 qui est un système de planification de traitement développé par la société VARIAN et qui a été conçu pour la planification de radiothérapie des affections bénignes et malignes [25]

Il offre la possibilité de réaliser les différentes techniques de traitement en radiothérapie, à savoir la RC-3D, la RCMI, l'arc thérapie volumétrique modulée (VMAT).

Le système de planification repose sur deux algorithmes de calcul de dose, l'algorithme Acuros et l'Algorithme Analytique Anisotrope AAA.

La matrice de calcul est de 0.25 cm

Les épaisseurs de coupe de 0.25 cm

II.5.5 La planification de traitement :

II.5.5.1 La planification 3D-CRT:

Les plans de traitement ont été réalisés avec le TPS Eclipse, par des faisceaux de photons de 6 MV délivrés par l'accélérateur VARIAN Clinac IX23 .et des modificateurs de faisceau le filtre en coin

Les plans se font par deux champs tangentiels opposés avec un seul iso centre au milieu du PTV avec un point de normalisation et des différentes pondérations, le calcul de dose a été effectué à l'aide de l'algorithme analytique anisotrope AAA.



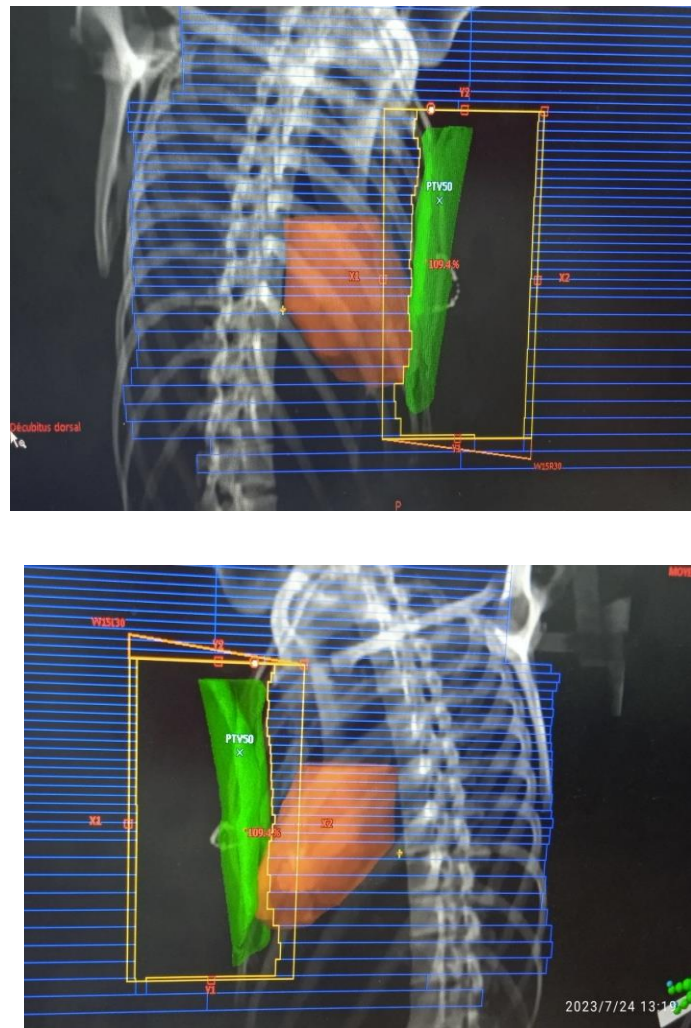


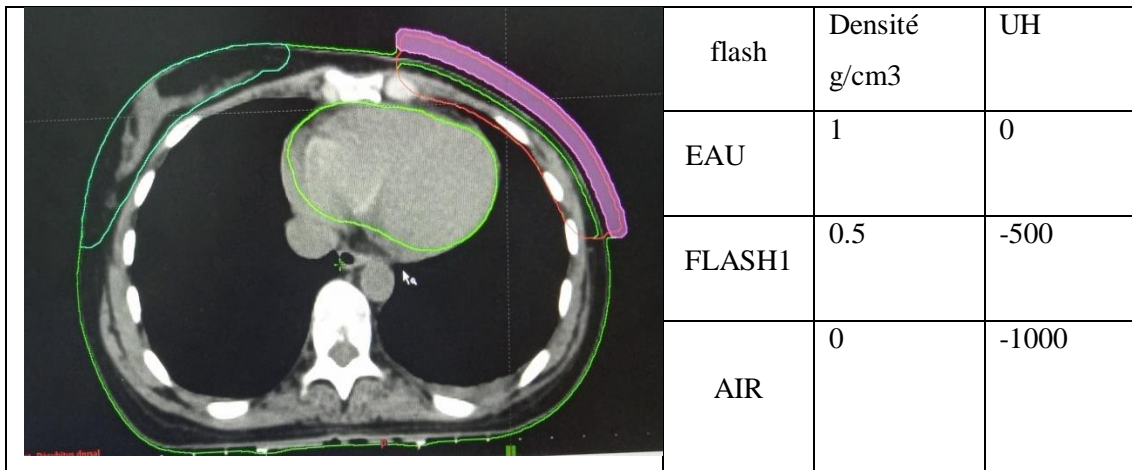
Figure 0-9 : Plan de traitement technique 3D champs tgi/ tge

II.6 La planification RCMI :

Création de la structure flash (bolus d'épaisseur de 2 cm qui est équivalente à la fuite laisser lors de planification 3D, cette fuite permet de prendre en considération les mouvements interne naturels des organes et des tissu à l'intérieure du corps qui peuvent être causés par la respiration et les battements cardiaque, et conduisent au déplacement du volume cible, ce qui influence sur l'efficacité et la précision du traitement.

Création de la structure $PTV_OPT = PTV \text{ paroi} + FLASH$

Pour L'optimisation du plan IMRT, nous avons utilisé la densité équivalent eau pour le flash.



II.7 La balistique de traitement :

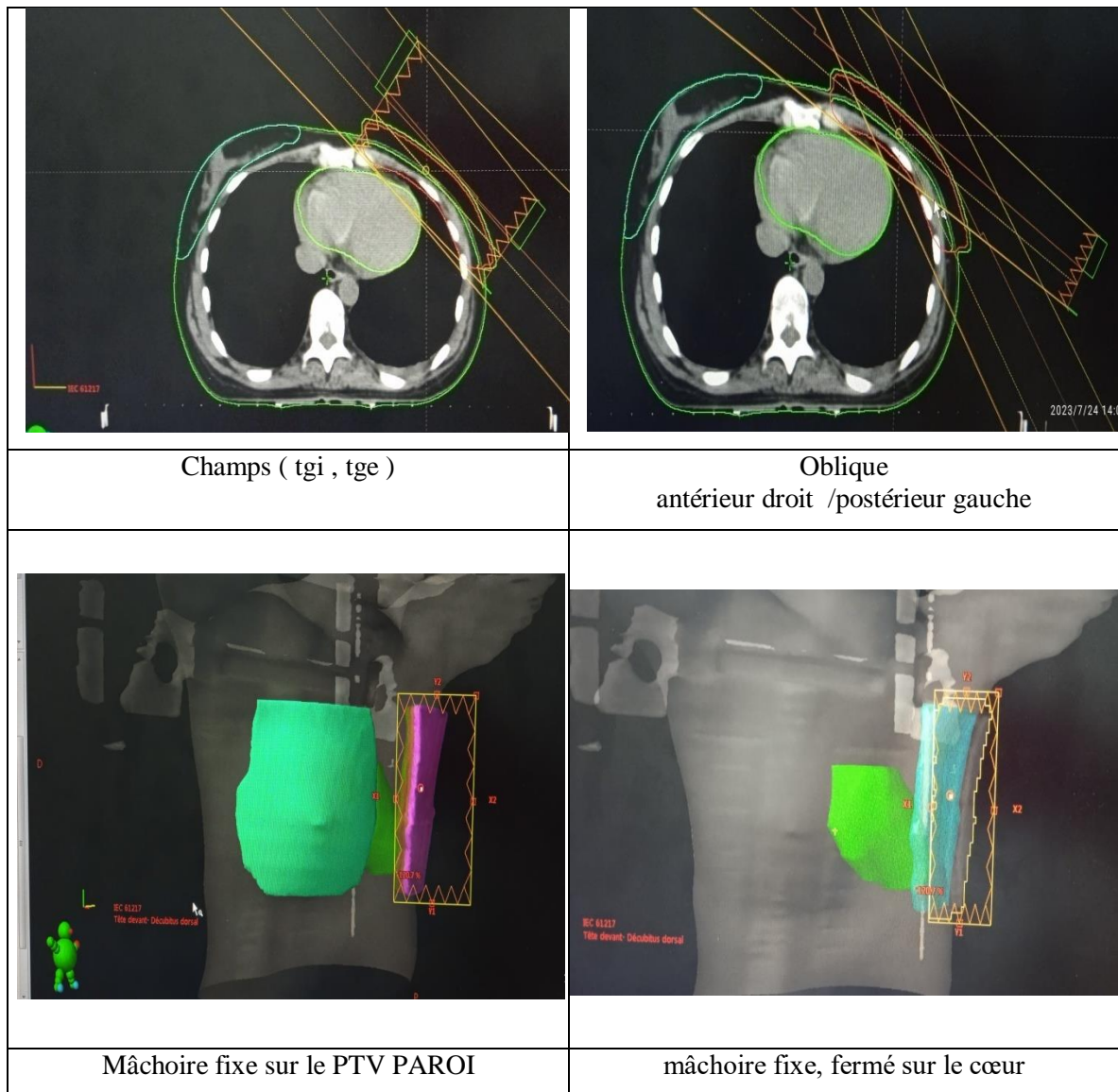


Figure 0-10 : balistique de traitement pour la technique IMRT

L'optimisation angulaire automatique du TPS n'a pas été utilisée pour le choix des faisceaux d'irradiation. Deux tangentielle sont fixés en position centrale avec des limite au cœur, tandis que deux autres tangentiels, choisis avec la même angulation, sont utilisés pour la technique 3D, Pour l'optimisation inverse nous avons utilisé l'Algorithme d'optimisation IMRT PO13721 et Pour le calcul de dose nous avons utilisé l'algorithme AcurosXB 13721.

II.8 La planification pour la technique hybride

Cette technique est la combinaison entre la technique 3D et la technique IMRT, avec différent pourcentage.

	3D	IMRT
3D	100%	0
Hybride 1	75%	25%
Hybride 2	50%	50%
Hybride 3	25%	75%
IMRT	0%	100%

II.9 Contraintes de dose:

Ce sont les limites spécifiques de la quantité de radiation que les tissus normaux qui sont à proximité d'une tumeur peuvent recevoir lors d'un traitement par irradiation, ces limites sont déterminées pour minimiser les dommages aux tissus sains tout en assurant une dose optimale suivant les recommandations du RecoRad 2023.

Volume cible

PTV	DOSE (%)	DOSE (Gy)
D98	90%	45Gy
D95	95%	47.5
D50	100%	50
D2	107%	53,5

Organe a risque

Structure	Contrainte	tolerance
Poumon	V30	<20%
	Dmoy	<15%
	V20	<14%
	V5%	60%
	V30(cc)	
	V5(cc)	
	V20(cc)	
Cœur	Dmoyenne	<5Gy
	DmoyHer2+	<3Gy
	D100	< 40Gy
	Distance irradié	1cm
Sein controlatéral	V2	< 15%
Poumon controlatérale	Dmoyenne	< 2 Gy

La méthode de planification de traitement appelée RCMI permet d'optimiser automatiquement le traitement, dans cette méthode, nous définissons les contraintes pour les volumes cible(PTV) ainsi que pour les organes a risque (OAR), en leur attribuant des priorités spécifique.il existe deux types de contrainte pour les PTV.

La contrainte supérieure qui indique la dose maximale à ne pas dépasser pour un certain pourcentage de volume tandis que la contrainte inférieure indique la dose minimale à atteindre pour un certain pourcentage du volume.

En priorisant ces contraintes, nous cherchons à maximiser la dose administrée au volume cible tout en protégeant au mieux les organes à risque. Chaque organe a risque est associé a une contrainte spécifique. L'allure de la courbe de la dose élevée (Dose volume histogramme) dépend des contraintes définies. Plus il ya des contraintes et mieux elles sont

définies, plus la courbe HDV est optimale, une fois que toutes les contraintes ont été définies, nous lançons le processus d'optimisation. A la fin de l'optimisation, toutes les courbes HDV sont affichées modulées par les contraintes définies. Si le résultat obtenu n'est pas satisfaisant, il est possible de le modifier en ajoutant d'autres contraintes jusqu'à ce que les résultats souhaités soient atteints.

II.10 Evaluation dosimétrique

Dose volume histogramme est l'outil d'analyse en radiothérapie permettant d'évaluer la distribution de dose dans les tissus sains adjacents, son interprétation se fait en analysant différentes caractéristiques du graphique, les paramètres couramment évalués comprennent la dose maximale (D_{max}), la dose minimale (D_{min}), la dose moyenne ainsi que le volume de tissu, leur acquisition se fait à partir des données de planification de traitements en utilisant des logiciels de planification de traitements ou de calcul de dose en comparant les résultats aux tolérances de nos contraintes de dose.

II.11 Les indices dosimétriques:

Indice d'homogénéité (IH):

Lorsque le planificateur vise une dose homogène dans le volume cible (PTV), l'indice d'homogénéité est un paramètre important à cette fin, d'où sa suggestion par l'ICRU 83

Selon l'ICRU 83, une valeur inférieure de IH est préférable (valeur qui tend vers zéro) ; le zéro étant la valeur idéale (homogénéité presque parfaite dans le PTV). L'homogénéité de la dose caractérise donc l'uniformité de la distribution de la dose absorbée dans le volume cible

$$HI = \frac{D2\% - D98\%}{D50\%}$$

D 2% : correspond à la dose administrée à 2% de volume (dose maximale).

D98% : correspond à la dose administrée à 98% de volume de Ptv (dose minimale).

D50% : correspond à la dose administrée à 50% de volume de Ptv (dose médiane).

II.12 Indice de conformité :

La conformité de la dose quant à elle, caractérise le degré au quel la région à forte dose est conforme au volume cible (généralement le PTV).

$$CI = \frac{Vc\ 95\%}{Vc} \quad [31]$$

Valeur idéal $CI = 1$

Avec :

$Vc\ 95\%$: Volume cible reçoivent 95% de la dose prescrite.

Vc : Volume cible

Idéalement pour avoir une conformité maximale, le volume recevant l'isodose 95% doit être égale au volume cible.

II.13 Indice de couverture :

Indice de couverture tumoral (IC) permet d'évaluer la couverture de dose calculée pour le volume tumorale dans chaque plan de traitement.

L'index de couverture ont donné par:

$$ICo = \frac{D98\%}{D95\%}$$

Avec :

$D98\%$: La dose minimale reçue par le PTV, ou la dose qui couvre 98% de volume cible.

$D95\%$: La dose qui couvre 95% de volume cible.

Chapitre III :

Résultats

Et discussion

Résultats

1. Caractéristiques générales :

11 patientes ont été sélectionnées dans l'analyse des données les caractéristiques spécifiques de ces patientes sont récapitulées dans le tableau suivants :

Tableau 1 : caractéristiques générales des patientes

	Nombre de patiente	11	100,0%
	Age médian	[36-58]	
Type Histologique	Carcinome mammaire infiltrant	9	81,82%
	Carcinome canalaire infiltrant	1	9,09%
	Carcinome lobulaire infiltrant	1	9,09%
Grade SBR	I	3	27,27%
	II	7	63,64%
	III	1	9,09%
Récepteurs hormonaux	RO +	6	54,55%
	RO-	2	18,18%
	RP +	6	54,55%
	RP-	4	36,36%
	RE-	2	18,18%
	RE+	1	9,09%
Statut HER2	positifs	2	18,18%
	négatifs	9	81,82%
Triple négatif	Oui	2	18,18%
	Non	9	81,82%
KI67	≥20	6	54,55%
	<20	4	36,36%
	Non conclant	1	9,09%
Multifocalité	Oui	1	9,09%
	Non	8	72,73%
Quadrant	Externe		
	moyenne	4	36,36%
	Supérieure externe	2	18,18%
	Supérieure interne	2	18,18%
	Injection Inférieur	1	9,09%
	Inférieur externe	1	9,09%
Stade T	T1	0	0%
	T2	7	63,64%
	T3	2	18,18%
	T4	2	18,18%
Stade N	N0	3	27,27%
	N1	8	72,73%
	N2	0	0%
	N3	0	0%
Stade M	M0	8	72,73%
Embols vasculaires	Présente	1	9,09%
	Non mentionné	5	45,45%
	Absents	4	36,36%
	Non précise	1	9,09%
Chimiothérapie	Néo:adjuvante	7	63,64%
	Adjuvante	4	36,36%
Hormonothérapie adjuvante	Anti:œstrogène	2	18,18%
	Anti:aromatase	3	27,27%
	Non	6	54,55%

2. Volume cible <PTV paroi gauche>:

Les résultats relatifs aux paramètres étudiés de volume cible sont présentés en détail <annexe> , le tableau suivant regroupe la moyenne sur le nombre de patient :

	3D		IMRT	
	Moyenne (Gy)	Ecart, types	Moyenne (Gy)	Ecart, types
D98	42.32	4.69	46.85	0.63
D95	45.94	3.23	47.64	0.44
D90	47.35	1.36	47.93	1.02
D50	51.15	0.63	50.02	0.09
D2	54.09	0.28	52.33	0.73
ICO	0.92	0.14	1.03	0.13
IH	0.12	0.12	0.07	0.09
IC	0.85	0.09	0.93	0.03

Tableau 2 : résumé des résultats dosimétriques concernant le volume cible (PTV paroi).

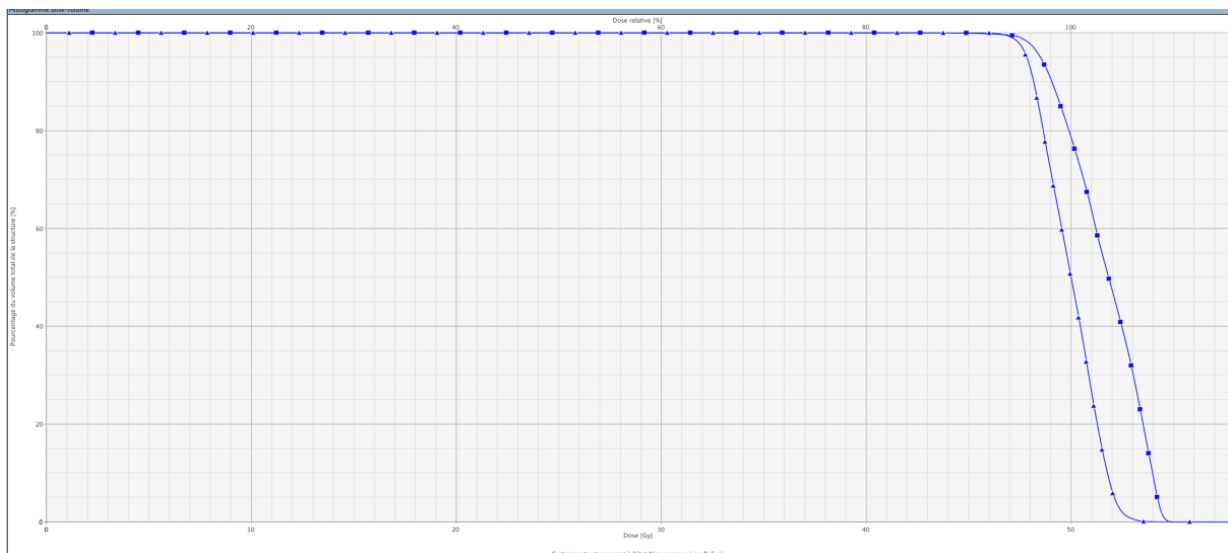


Figure 1 : L'histogramme dose-volume(HDV) comparatif pour le PTV paroi entre 3D et L'IMRT

Des différences statistiquement significatives en faveur du plan IMRT ont été observées concernant la D98% (46.85+ 0.63) Gy pour l'IMRT vs. (42.32+ 4.69) Gy pour la 3D, la D95% (47.64+0.44) Gy pour l'IMRT vs. (45.94+3.23) Gy pour la 3D, et pour le CO (1.03+0.13) pour l'IMRT vs pour la 3D (0.92+0.14), ainsi que pour l'indice d'homogénéité qui indique une meilleure distribution au PTV pour la technique IMRT.

2.1. comparaison des techniques hybrides

Les résultats relatifs au paramètre étudiés de volume cible pour les différents plans hybrides entre deux techniques sont présentés en détail :

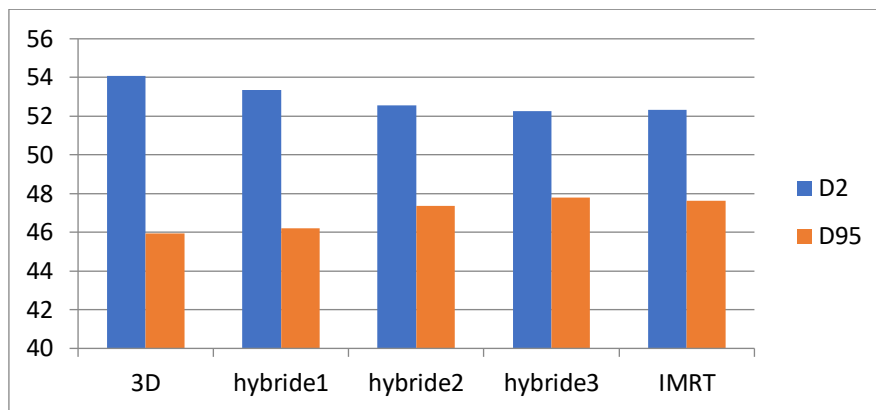
		3D (25%)+IMART(75%)		hybride IMART (50%) +3D (50%)		IMART (25%) +3D (75%)	
		Moyennes	Ecart types	Moyennes	Ecart types	Moyennes	Ecart types
PTV paroi	D98	46,56	1.59	45.14	3.46	42.81	5.61
	D95	47.79	0.78	47.38	1.70	46.21	2.52
	D90	47.42	3.65	48.43	0.81	48.01	1.25
	D50	50.23	0.14	50.56	0.25	51.23	0.91
	D2	52.26	0.46	52.57	0.20	53,35	0.40
	ICO	0.66	0.22	0.78	0.10	0.86	0.11
	HI	0.06	0.09	0.08	0.10	0.11	0.11
	IC	0.90	0.08	0.90	0.07	0.86	0.15

Tableau 3 : résumé des résultats dosimétriques pour les trois hybrides concernant le volume cible.

L'analyse des résultats montre que, plus on augmente le pourcentage de la technique IMRT par rapport à la technique 3D plus la couverture des volumes et l'homogénéité est meilleur.

2.2. comparaison des différentes techniques 3D , IMRT, HYBRIDE

	D95 (Gy)	D2
3D	45.94	54.09
Hybride 1(75%3D+25%IMRT)	46.21	53.35
Hybride2 (50%3D+50%IMRT)	47.38	52.57
Hybride 3(3D (25%) +IMRT (75%))	47.79	52.26
IMRT	47.64	52.33

Tableau 4 : résumé des résultats dosimétriques pour les trois techniques hybrides, 3D**Fig. 2** : Histogramme de la variation de Dose (D2, D95) en fonction des techniques 3D, IMRT, hybride.

D'après les résultats obtenus qui sont regroupés dans l'histogramme, qui représente la variation de la couverture en dose et le point chaud par technique, nous observons qu'à partir de la technique hybride 2 qui représente le plan où nous avons composé entre 50% avec la technique 3D ET 50% avec la technique, IMRT les résultats sont meilleurs que la 3D, la couverture du PTV plus de 95% et un point chaud inférieur à 107% que pour la technique 3D qui est de 109% pour le point chaud et une couverture de 92%, entre la technique hybride 2 et 3 ainsi que la technique IMRT il n'y a pas de grande différence qui nous permet de choisir un traitement avec un pourcentage plus de 50 % d'IMRT.

3. Organes à risques :

Les résultats sur organes à risque sont résumés dans les tableaux, l'ensemble des paramètres étudiés respectait les contraintes aux OAR selon le protocole du service de radiothérapie de l'hôpital chahide Mahmoudi.

3.1. Cœur :

Le cœur est l'organe le plus critique pour le traitement du sein gauche, une attention particulière est portée dessus, car si on considère l'âge des patientes qui sont de plus en plus jeunes, et de la toxicité du traitement de chimiothérapie ajouté à cela les bilan Her2+ qui demande des restrictions pour la dose au cœur.

D'après les recommandations internationales regroupées dans le RECORAD 2023; pour chaque 1 Gy ajoutée à la dose moyenne le risque cardiaque augmente de 1%.

Les différents résultats obtenus pour les contraintes de dose pour le cœur sont regroupés dans le tableau ci dessous:

		3D		Hybride1		Hybride2		Hybride3		IMRT	
		Moyennes	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types
	D100	0.84	0.30	0.95	0.50	0.62	0.09	0.46	0.10	0.18	0.14
	D _{moy} (Gy)	4.19	1.1	3.89	0.98	3.73	0.94	3.54	1	3.54	1.22
	V ₅ (%)	11.10	0.049	9.97	0.12	8.37	0.11	7.24	0.11	6.34	0.11
	Distance Irradiée (cm)	0.93	0.11	La distance ne peut pas être évaluée comme pour la technique IMRT, car pour la technique balistique nous avons 50% des champs avec la mâchoire fermée sur le cœur							
		1.15	0.38								

Tableau 5 : Les résultats dosimétriques pour le cœur (technique IMRT hybrides, 3D)

3.2. L'évaluation de la dose moyenne au cœur :

La dose moyenne calculée sur tous les patients avec la technique 3D est de 4.19 ± 1.1 Gy, qui est dans la tolérance, mais cette valeur est obtenue en contrepartie d'une couverture de dose au volume cible de 92%, comparée à la technique hybride où nous obtenons un meilleur compromis entre la couverture du PTV qui est de 95% avec une dose moyenne au cœur qui diminue lorsqu'on augmente le pourcentage du plan de traitement IMRT, pour la comparaison globale entre les différentes techniques, la technique hybride 2 offre le meilleur compromis entre dose moyenne au cœur et la dose de couverture du PTV.

3.3. Poumons homolatérale

Dans l'irradiation du sein, suivant la technique 3D et IMRT il n'y a pas d'irradiation du poumon en totalité, une tranche du poumon est prise par les champs tangentiels qui n'est pas aussi importante que pour le traitement du sein droit, vu la présence du cœur, l'évaluation de la dose au poumon homolatérale est une estimation d'un volume qui reçoit une dose, dans

notre cas nous avons utilisé les recommandation international , évaluation de la V20% , V30% et la dose moyenne , récemment avec l'utilisation de l'IMRT et le VMAT on contrôle aussi la V5 , les autres contraintes sont a titre indicatif . Si les doses de tolérance sont dépassées le malade risque une pneumopathie.

	MOYENNE		Ecart type	
	3D	IMRT	3D	IMRT
V ₂₀ (%)	13,59	12,31	0,04	0,036
V ₃₀ (%)	11,45	9,92	0,04	0,029
V ₅ (%)	27,53	24,67	0,08	0,085
V ₂₀ (cc)	166,34	151,82	90,5	63,70
V ₃₀ (cc)	140,01	120,96	77,8	48,78
V ₅ (cc)	313,33	298,09	159,0	117,20

Tableau 6: Résultats dosimétriques pour le poumon (3D, IMRT)

Les résultats obtenu montrent que les valeurs obtenues pour la technique IMRT et la technique 3D sont dans la zone de tolérance, si on compare les deux technique, les valeurs obtenues par la technique IMRT sont plus optimisées, cela est obtenu grâce aux champs oblique avec mâchoire fixe qui a permis de réduire la dose au poumon.

Les résultats obtenus pour les Cinq techniques sont regroupés dans le tableau suivant :

		3D		Hybride1		Hybride2		Hybride3		IMRT	
		moye	Ecartstype	moye	Ecartstype	moy	Ecartstype	moy	Ecartstype	moy	Ecartstype
	V ₂₀ (%)	13,59	0,04	12,96	0,04	12,76	0,04	12,47	0,04	12,31	0,036
	V ₃₀ (%)	11,45	0,04	10,64	0,04	10,23	0,03	9,95	0,03	9,92	0,029
	V ₅ (%)	27,53	0,08	25,19	0,09	25,59	0,07	25,09	0,09	24,67	0,085
	V ₂₀ (cc)	166,34	90,5	167,01	88,77	161,33	77,75	156,83	70,62	151,82	63,70
	V ₃₀ (cc)	140,01	77,8	138,31	76,71	129,60	63,29	124,95	55,65	120,96	48,78
	V ₅ (cc)	313,33	159	339,13	172,04	2803,5	8219	308,22	131,10	298,09	117,2

Tableau 7: Résultats dosimétriques pour le poumon (3D, hybride, IMRT)

Les résultats obtenus pour les différentes techniques sont dans la zone de tolérance, le maximum est observé pour la technique 3D. Si on prend le compromis cœur poumons la technique hybride 2 qui est 50% la 3D et 50% IMRT est a choisir car il n y pas un très grand écart entre les trois techniques hybrides.

3.4. Poumons controlatérale

Les résultats obtenus pour la mesure de la dose reçue dans un volume en cc pour une dose de 1 Gy et 2 Gy pour les Cinq techniques sont regroupés dans le tableau suivant :

		3D		Hybride1		Hybride2		Hybride3		IMRT	
		moye	Ecartstype	moye	Ecartstype	moy	Ecartstype	moy	Ecartstype	moy	Ecartstype
poumon D	D2 cm3	2,64	0,91	2,89	1,11	3,21	0,47	5,25	0,49	6,52	0,4
	D1cm3			3,24	1,77	1,52	7,44	0,99	0,00	0,64	0,00

Tableau 8 : Résultats dosimétriques pour le poumon (3D , hybride , IMRT)

D'après les résultats obtenus pour le volume de 2Gy et 1 Gy qui représentent la dose maximale inférieure à 10 cc, cette dose indique qu'il n'y a pas eu d'irradiation du poumon contre latérale, cette dose correspond à la dose diffusée dans le patient.

3.5. Sein controlatéral :

La vérification de la dose reçue par le sein controlatéral est très importante, quant on parle des petites doses on parle de cancer radio-induit, mais aussi, la crainte d'une contre latéralisation du cancer plus tard et le risque de nécrose après traitement du second sein.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant

	3D		Hybride1		Hybride2		Hybride3		IMRT	
	moyenne	Ecart, type	moyenne	Ecart, type	moyenne	Ecart, type	moyenne	Ecart, type	moyenne	Ecart, type
Dmax	0.93	0.28	5.84	5.44	5.65	4.35	4.77	3.23	4.24	3.12
Dmoyenne	0.88	0.38	0.77	0.28	0.59	0.21	0.45	0.17	0.32	0.10
V2%	20.28	28.15	5.88	5.54	2.16	2.22	1.85	2.55	7.32	22.13
V2 cm ³	57.63	82.20	45.32	51.80	17.76	22.96	12.56	11.97	4.41	5.23

Tableau 9: Résultats dosimétriques pour le sein controlatérale (3D, hybride, IMRT)

Les valeurs obtenues sont dans les tolérances, cela est dû aux pratiques du service où on préserve le sein controlatérale, crée une balistique de traitement de façon à ne pas irradier le sein controlatéral, d'où les angulations des faisceaux pour le plan IMRT choisi préalablement, l'option, utiliser le logiciel pour le choix de l'angulation n'a pas été utilisée. Les différentes techniques offrent un bon résultat.

4. Variation de la densité du flash (bolus) plan IMRT:

Pour ce test , afin d'évaluer l'impact de l'optimisation IMRT sur une paroi avec un bolus équivalent eau d'une épaisseur de 2 cm qui est un bolus virtuel , nous avons modifié la densité de 0.5 et de 0 g/cm³ en utilisant le plan obtenu pour un calcul avec un bolus de 1g/cm³ , les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

	D2	écarts Types	D95	écarts Type
Flash (0)	54,31	0,73	46,50	0,91
Flash(0,5)	52,97	0,37	47 ,29	0,58
Flash(1)	52,33	0,73	47,64	0,44
3D	54.09	0.52	45.94	1.5

Tableau 10: Résultats dosimétriques pour le PTV (3D, IMRT)

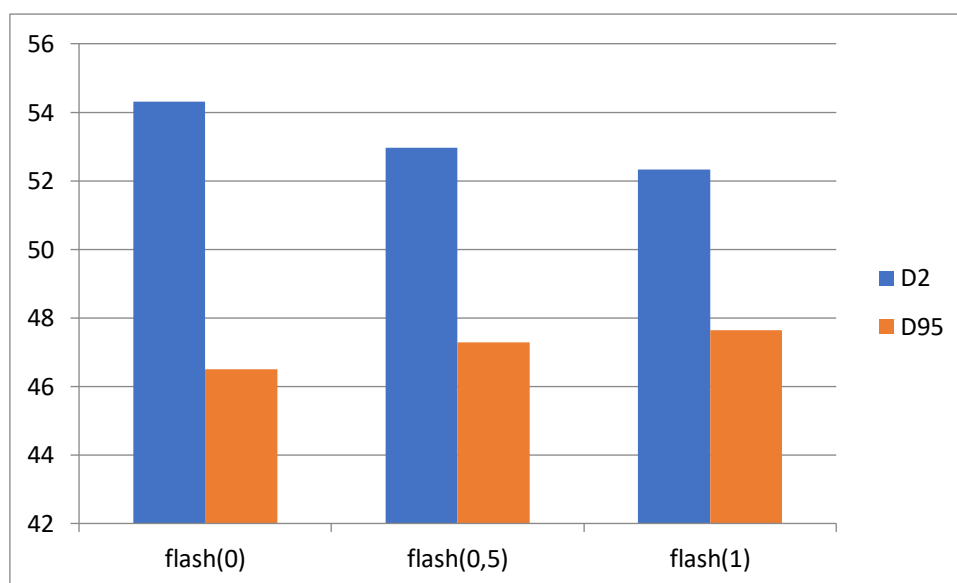


Figure 3 : La courbe présente une variation de structure flache en fonction de la dose

Les résultats obtenus montre que la dose reçue par le PTV reste dans la tolérance, et qui reste meilleur que le plan 3D par contre le point chaud a légèrement augmenté, qui est de 108.6 % cette valeur est dans la zone de tolérance.

La valeur de la densité est importante, car elle permet en premier lieu d'assurer la fuite crée pour prendre en conte le mouvement de la paroi.

Conclusion générale

Conclusion Générale

Le travail réalisé à l'hôpital chahids Mahmoudi était très intéressant car d'une part ça nous a permis de mieux comprendre les techniques de planification en radiothérapie conformationnelle 3D et en radiothérapie par modulation d'intensité. D'autre part de faire la différence entre ces deux techniques.

Les données obtenues au cours de notre étude nous ont permis de bien mettre l'accent sur la supériorité de l'IMRT par rapport au RTC-3D. Que ça soit l'étude dosimétrique des PTV et des organes à risque.

Notre étude nous a montré que la technique IMRT offre de meilleurs résultats que les autres techniques, une meilleure couverture du volume tout en diminuant les doses cardiaque, pulmonaire homolatérale et du sein controlatéral.

Mais cela n'est pas notre objectif, ce qui nous intéresse c'est de rester dans les mêmes conditions de la technique 3D, respiration libre, et offrir de meilleurs dose de traitement et moins de dose aux organes à risque, lors de notre études comparatif, le plan qui nous offre le meilleurs compromis est le plan hybride 2, qui est la technique qui mixe entre 50% du plan 3D et 50% du plan IMRT, avec ce mixage la dose reçue par le cœur est inférieure à 3Gy pour les cas qui on a un bilan HER2 POSITIF avec une bonne couverture de dose au PTV comparer au plan 3D.

Pour la pratique et réalisation clinique, un CBCT peut être réalisé au moins de deux fois par semaine et faire le recalage peau à peau pour permettre le meilleur traitement avec les 50% du plan IMRT.

Pour le service radiothérapie de l'hôpital Chahids Mahmoudi, un système de contrôle qualité IGRT est installé, mais pas encore mis en routine clinique, comme perspective pour de future étude pour un traitement 100% IMRT et VMAT.

Références bibliographiques

Références bibliographies

- [1] Société Française de Radiothérapie Oncologique, «Guide des Procédures de Radiothérapie Externe 2007»,2007.
- [2] Fisher B, Anderson S, Bryant J, Margolese RG, Deutsch M, Fisher ER, et al. «Twenty-year follow-up of a randomized trial comparing total mastectomy, lumpectomy, and lumpectomy plus radiation for the treatment of invasive breast cancer», 2002.
- [3] International Atomic Energy Agency, “Transition from 2-D Radiotherapy to 3-D Conformal and Intensity Modulated Radiotherapy,”May, 2008.
- [4] G.O.Haydaroglu Ayfer, Techniques in Breast Cancer.2012.
- [5] ssCHU Clermont Ferrand «Les traitements du cancer du sein» 2013, American Cancer Society. (2021). Breast Cancer. <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer.html>
Breastcancer.org. (2021). Breast Cancer. <https://www.breastcancer.org/>
- [6] Hennequin, C, Barillot, I., Azria, D., Belkacémi, Y.,Bollet,M.,Chauvet...Mahé,M.A(2016). Radiothérapie du cancer du sien. Cancer/Radiothérapie, 20,S139-s146.
- [7] Le mémoire d’une étudiante
- [8] J. Chavaudra*, A. Bridier, Définition des volumes en radiothérapie externe : rapportsICRU50 et 62publieen 2001.URL<[https://doi.org/10.1016/S1278-3218\(01\)00117-2](https://doi.org/10.1016/S1278-3218(01)00117-2)
- [9] Servagi-Vernat, P. Giraud, A. Lisbona [et al.]. Apport de la RCMI rotationnelle et de latomothérapie hélicoïdale dans les cancers pelviens : étude dosimétrique prospective sur 51 patients :In Cancer Radiothérapie [enligne] (2014), Disponible sur : <<http://dx.doi.org/10.1016/j.canrad.2013.12.00>> (consultéle10/09/2021)
- [10] Taskin, Z. Caner [et al.], Optimal Multileaf Collimator Leaf Sequencing in IMRT Treatment Planning, 2007, Operations Research, Vol 58.
- [11] .Nutting.C, Dearnaley DP,Webb S. Intensity modulated radiation therapy: a clinical review. Br J Radiol2000; 73: 459-69.
- [12] Podgorsak.E.B, radiation oncology physics: a handbook for teachers and students, international atomic energy agency, Vienna 2005.
- [13] Caroline LAFOND, analyse et optimisation des performances de la technique VMAT pour son utilisation en radiothérapie. Thèse de doctorat / université de rennes1.2013
- [14] Podgorsak.E.B, radiation oncology physics: a hand book for teachers and students , international atomic energy agency, Vienna 2005.
- [15] Assya Boughalia. Développement et mise en œuvre de codes de calcul pour la quantification et l’évaluation de l’écart de position et l’évaluation des traitements de haute technicité en radiothérapie conformationnelle des tumeurs << ORL>>. Thèse de doctorat en physique médicale. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB), 2016, 168 pages. Disponible sur : <

Références bibliographies

<https://repository.usthb.dz/bitstream/handle/123456789/5259/TH8567.pdf?sequence=4&isAll owed=y>> (Consulté le 17/05/2021).

[16] Caroline LAFOND, analyse et optimisation des performances de la technique VMAT pour son utilisation en radiothérapie. Thèse de doctorat / université de Technique de la radiothérapie rennes1.2013

[16] Caroline LAFOND, analyse et optimisation des performances de la technique VMAT pour son utilisation en radiothérapie. Thèse de doctorat / université den Technique de la radiothérapie rennes1.2013

[17] Assya Boughalia. Développement et mise en œuvre de codes de calcul pour la quantification et l'évaluation de l'écart de position et l'évaluation des traitements de haute technicité en radiothérapie conformationnelle des tumeurs << ORL>>. Thèse de doctorat en physique médicale. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB), 2016, 168 pages. Disponible sur : << <https://repository.usthb.dz/bitstream/handle/123456789/5259/TH8567.pdf?sequence=4&isAll owed =y>> (Consulté le 17/05/2021).

[18] FLEUR KUBS, Apport de la modulation d'intensité et de l'optimisation pour délivrer une dose adaptée aux hétérogénéités biologiques, Thèse de doctorat,

Rayonnement et Imagerie en Médecine l'Institut National Polytechnique de Lorraine, soutenu le 19 octobre 2007

[19] Caroline LAFOND, analyse et optimisation des performances de la technique VMAT pour son utilisation en radiothérapie. Thèse de doctorat / université de rennes1.2013

[20] Fenoglietto. Pservagi-Vernat.S, Azria.D ,Giraud.P , arc thérapie volumétrique modulée : ultime évolution de la radiothérapie conformationnelle. Cancer radiothérapie 16(2012) 398-403.

[21] Celine de Conto. Evaluation dosimétrique des algorithmes implémentés dans les systèmes de planification de traitement en présence d'hétéro génités de forte densité : cas de la sphère ORL en radiothérapie externe. Imagerie médicale. Université de Franche-Comté, 2014.Français.ffNNT:2014BESA2063ff.fttel-01334803f. Disponible sur: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01334803>>(consultéle15/09/2021)

[22] Mémoire de d'une étudiante

[23] Darmon, I. (2015). Irradiation mammaire et ganglionnaire après mastectomie partielle gauche par radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité rotationnelle: comparaison dosimétrique.

[24] Siddique, S., & Chow, J. C. (2020). Artificial intelligence in radiotherapy. Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, 25(4), 656-666.

Références bibliographies

[25] : Eclipse treatment planning software from Varian Medical Systems : Software and Service Report, Varian Medical Systems 2015.

[26]:**Lefkopoulos. D, Vieilleigne. L, Grandjean. P, Berrez. F, Dejean .C**, la planification inverse en radiothérapie d'intensité modulée, 1999 éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS.

[27] :**Osenwald. J.C**, Les modèles de calcul de dose en radiothérapie clinique, Institut Curie 1998.

[28]: Vincent MARCHES, LA PROBLEMATIQUE ET L'EVOLUTION DU CONTROLE DE QUALITE POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA RADIOTHERAPIE CONFORMATIONNELLE AVEC MODULATION D'INTENSITE, Thèse de doctorat en Rayonnement et Imagerie en Médecine, l'Institut National Polytechnique de Lorraine Soutenue le 3 décembre 2003.

[29] : Sylvie Delanian. Aspects techniques par localisation (de la tête aux pieds). Guide pratique de radiothérapie. VERNAZOBRES-GREGO, Publié en 2010, 120 pages.

[30] :VikrenSarkar,Adam Paxton,BillJSalter[etal.].Evaluation of dose distribution différences from five algorithm simple mented in three commercial Treatment planning systems for lung SBRT. In: Journal of Radiosurgery and SBRT [enligne]. 2020, Vol 7, p 10.Disponible sur : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7406340/>> (consulté le10/09/2021).

[31] : The International Commission on Radiation Units and Measurements, Journal of the ICRU Report 83, Oxford University Press, Vol 10No 1,2010.

[32]:Servagi-Vernat, P. Giraud, A. Lisbona [et al.]. Apport de la RCMI rotationnelle et de latomothérapie hélicoïdale dans les cancers pelviens : étude dosimétrique prospective sur 51 patients :In Cancer Radiotherapie [enligne] (2014), Disponible sur:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.canrad.2013.12.00>>(consultéle10/09/2021)

Annexe

Annexes

Annexes

Annexes

Patient 01		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,32	54,32	52,44	51,76	51,64
	D95	45,7566	45,75	47,77	47,76	47,03
	D50	51,5482	51,55	50,46	50,2	49,99
	D98	43,24	43,204	46,33	46,76	45,91
	HI	0,16612413	0,16624636	0,09254855	0,07968127	0,09221844
	IC	0,8648	0,83809893	0,9266	0,9352	0,9182
	indice de c	0,97	0,96	0,67	0,05	1,02
	D90	47,6773	47,68	48,54	48,39	44,08
cœur	D 100	1,27082				
			1,22	0,73	0,6	0,11
	D moyenne	5,799				
			5,799	4,899	4,48	4,062
	V5	20,08				
		20,40	16,81	15,85	15,28	
	Distance a irradiier(tgi)	0,88				
	Distance a irradiier(tge)	1,92				
Sien contre latérale	D moy	1,048	14,315	11,252	10,07	9,047
	Dmax	14,315	1,048	0,694	0,531	0,367
	v2 %	16,69	16,74	5,13	1,76	7,4
	v2 cm3	138,912	140,288	42,99	14,79	6,22
Poumons gauche	V20 %	19,17	19,18	17,33	16,09	14,70
	V30 %	16,19	16,21	13,76	12,41	11,13
	v5 %	38,34	38,39	32,49	29,91	27,27
	v20 (cc)	307,17	307,259	277,654	257,757	235,89
	v30 (cc)	259,63	259,637	220,682	198,836	178,275
	v5 (cc)	615,044	615,044	520,483	479,157	436,813
Poumon droite		4,51985	90,822	17,86	7,299	1,18
	2 (cc)					
	1(cc)					

Annexes

Patient 02		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	53,6	52,84	52,71	53,17	53,84
	D95	47,214	47,54	47,93	47,84	47,37
	D50	50,818	50,59	50,34	50,14	49,99
	D98	46,1	46,47	47,13	47,12	46,58
	HI	0,12	0,1	0,09	0,10	0,12
	IC	0,922	0,91	0,94	0,94	0,9
	indice de c	0,81	0,71	0,66	0,63	0,99
	D90 D100	48,146	48,34	48,51	48,44	48,03
cœur	Dmoyenne	0,0016	2,392	0,502	0,373	0,048
	v5	1,902	2,392	2,199	2,034	1,869
	Distance a irradiier(tgi)	0,00	5,98	6,49	6,90	7,14
	Distance a irradiier(tge)	0,92				
		1,28				
Sien contre latérale	D moy	1,086	3,872	3,712	3,613	3,538
	Dmax	4,138	0,918	0,72	0,551	0,382
	v2 %	45,74	4,77	1,62	6,4	2,8
	v2 cm3	9,05	24,08	8,21	14,68	1,44
Poumons gauche	V20 %	16,15	15,97	15,41	11,80	14,11
	V30 %	13,70	13,13	12,28	27,49	11,52
	v5 %	32,50	31,03	29,05	248,68	25,88
	v20 (cc)	307,259	307,25	266,65	257,75	235,89
	v30 (cc)	259,637	259,63	220,682	198,83	178,27
	v5 (cc)	615,044	615,044	520,483	479,15	436,81
Poumon droite	2 (cc)	2,2604	154,615	74,29	4,6	14,57
	1(cc)					

Annexes

Patient 03		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,28	53,37	52,59	52,61	52,98
	D95	46,98	47,33	48,06	48,3	48,232
	D50	50,99	50,73	50,55	50,46	50,3
	D98	44,75	45,28	46,74	47,32	47,28
	HI	0,143	0,11	0,08	0,08	0,09
	IC	0,895	0,8925685	0,9348	0,9464	0,9456
	indice de c	0,95	0,86	0,83	0,83	1,24
	D90	48,16	48,37	48,78	48,91	48,75
cœur	DI00	0,857	0,8	0,66	0,53	0,047
	Dmoyenne	4,95	4,697	4,75	4,795	4,841
	V5	14,5	15,23	17,86	20,86	22,63
	Distance a irradiier(tgi)	0,92				
	Distance a irradiier(tge)	1,28				
Sien contre latérale	D moy	0,852	4,925	5,026	5,121	5,281
	Dmax	7,099	0,941	0,713	0,518	0,323
	v2 %	9,51	9,77	3,9	1,22	3,2
	v2 cm3	79,2352	89,81	35,33	11,03	2,929
Poumons gauche	V20 %	16,15	9,17	10,05	10,77	11,50
	V30 %	13,70	7,09	7,69	8,37	9,04
	v5 %	32,50	22,05	25,14	27,11	28,36
	v20 (cc)	70,15	76,626	83,98	89,99	96,11
	v30 (cc)	56,16	59,203	64,31	69,94	75,48
	v5 (cc)	165,70	184,203	210,01	226,513	236,952
Poumon droite		1,715	49,45	18,51	0,19	0,27
	2 (cc)					
	1(cc)					

Annexes

Patient 04		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54	53,03	52,52	52,5	53,033
	D95	42,7112	44,314	46,01	46,85	47,45
	D50	50,67	50,52	50,31	50,09	49,99
	D98	42,7	30,38	37,25	42,91	46,49
	HI	0,2	0,17252573	0,12939773	0,11279697	0,9298
	IC	0,85714286	0,601346	0,745	0,8582	0,92
	indice de c	0,81	0,74	0,74	0,68	1,04
	D90	46,5118	47,22	47,83	48,1	48,05
cœur	DT00					
		0,9068	0,78	0,63	0,58	0,13
	Dmoyenne	5	4,024	4,302	4,541	4,772
	V5	11,48	14,34	15,83	16,88	17,69
	Distance a irradiier(tgi)	1,12				
Distance a irradiier(tge)	0,58					
Sien contre latérale	D moy	0,449	3,772	3,993	4,193	4,312
	Dmax	3,892	0,392	0,325	0,268	0,211
	v2 %	22,5	1,09	5,2	2,4	8,50
	v2 cm3	1,87	13,11	6,26	2,95	1,023
Poumons gauche	V20 %	12,72	12,87	13,10	13,15	12,82
	V30 %	10,49	10,34	10,04	9,91	10,06
	v5 %	27,43	31,21	34,62	40,00	41,87
	v20 (cc)	123,33	124,791	127,092	127,496	124,331
	v30 (cc)	101,77	100,21	97,32	96,06	97,524
	v5 (cc)	267,27	302,59	361,262	387,812	405,927
Poumon droite	2 (cc)	2,09037	1,14	0,16	0,48	15,79
	1(cc)					

Annexes

Patient 05		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,09	53,22	52,47	52,02	52,08
	D95	45,626	46,57	47,4	47,62	47,16
	D50	50,5716	50,4	50,2	50,07	49,99
	D98	43,56	44,83	46,49	46,9	46,54
	HI	0,16736666	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
	IC	0,8712	1,2	0,85714286	0,85714286	0,85714286
	indice de c	0,87	0,76	0,7	0,64	0,99
	D90	47,2895	47,7	48,13	48,26	47,81
cœur	DI00	0,840091	0,68	0,57	0,39	12,00%
	Dmoyenne	3,756	3,431	3,043	2,71	2,377
	V5	10,80	9,43	7,74	6,68	5,89
	Distance a irradiier(tgi)	1,03				
	Distance a irradiier(tge)	1,1				
Sien contre latérale	D moy	0,747	2,452	2,04	1,709	1,408
	Dmax	2,808	0,638	0,511	0,403	0,294
	V2 %	10,62	5,6	4	5,45	9,9
	v2 cm3	2,45	2,44	0,001	23,48	2
Poumons gauche	V20 %	12,10	11,94	11,57	11,21	10,89
	V30 %	10,29	9,99	9,58	9,27	8,95
	v5 %	26,68	25,25	23,27	21,55	20,06
	v20 (cc)	229,192	225,884	219,05	212,195	206,176
	v30 (cc)	194,91	189,159	181,291	175,38	169,421
	v5 (cc)	506,705	477,81	440,41	407,878	379,647
Poumon droite	2 (cc)	2,7493	8,74	0,46	0,89	26,65
	1(cc)					

Annexes

Patient 06		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,53	53,59	52,74	52,18	51,93
	D95	37,6789	39,38	43,09	46,19	47,64
	D50	50,1	51,53	50,85	50,29	49,997
	D98	29,76	33,93	39,75	44,36	46,513
	HI	0,3363493	0,27576169	0,18977384	0,11910917	0,08580515
	IC	0,5952	0,65845139	0,795	0,8872	0,93026
	indice de c	0,61	0,86	0,74	0,59	0,92
	D90	44,5213	44,76	46,42	47,63	48,19
cœur	DI00	1,05085	0,816	0,69	0,49	0,058
	Dmoyenne	4,5	3,878	3,929	3,972	4,016
	V5	10,80	10,40	9,92	9,68	9,53
	Distance a irradiier(tgi)	1				
	Distance a irradiier(tge)	1,03				
Sien contre latérale	D moy	1,255	4,152	3,792	3,687	3,582
	Dmax	4,542	1,058	0,825	0,625	0,425
	v2 %	75,86	8,65	2,71	7,9	1,7
	v2 cm3	17,38	37,72	11,797	3,433	0,76
Poumons gauche	V20 %	9,01	9,68	10,30	10,69	10,98
	V30 %	7,57	7,90	8,54	9,11	9,52
	v5 %	19,00	19,36	19,51	19,66	19,83
	v20 (cc)	90,45	97,18	103,51	107,31	110,25
	v30 (cc)	76,0734	79,39	85,82	91,45	95,65
	v5 (cc)	192,541	194,513	195,963	197,443	199,155
Poumon droite	2 (cc)	2,04	0,11	9,2	10,2	1,95
	1(cc)					

Annexes

Patient 07		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,2	53,28	52,33	2301009	51,52
	D95	48,4	47,6	49,11	51,65	48,51
	D50	51,99	51,47	50,83	49,14	49,99
	D98	46,51	47,15	47,99	50,37	48,18
	HI	0,11	0,11	0,063	0,049	0,060
	IC	0,9302	0,91606761	0,9598	0,9696	0,9636
	indice de c	1,14	1,06	1	0,83	1,26
	D90	49,345	49,48	49,59	49,45	48,81
cœur	DI00	0,897				
			0,79	0,64	0,43	0,24
	Dmoyenne	3,164				
			3,012	2,833	2,681	2,51
	V5	7,79				
		7,07	6,39	5,95	5,37	
	Distance a irradiier(tgi)	0,75				
	Distance a irradiier(tge)	1,08				
Sien contre latérale	D moy	0,963	2,659	2,295	1,983	1,921
	Dmax	3,073	0,814	0,641	0,493	0,35
	v2 %	5,69	1,89	4,90%	8,29	2,22
	v2 cm3	20,0562	6,64	0,49	29,08	7,92
Poumons gauche	V20 %	15,40	15,38	15,35	15,30	15,16
	V30 %	13,17	13,02	12,85	12,73	12,62
	v5 %	29,52	28,35	26,85	25,76	24,69
	v20 (cc)	170,96	170,715	170,369	169,893	168,285
	v30 (cc)	146,156	144,572	142,635	141,138	140,023
	v5 (cc)	330,473	314,663	297,993	285,717	274,018
Poumon droite		1,487			1,14	5,86
	2 (cc)					
	1(cc)		45	20,95		

Annexes

Patient 8		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,21	53,29	52,38	51,77	51,47
	D95	47,4754	47,64	47,88	47,89	47,57
	D50	51,8866	51,35	50,82	50,41	49,99
	D98	46,21	46,41	46,8	46,9	46,728
	HI	0,12	0,11	0,08	0,076	0,07
	IC	0,9242	0,90379747	0,936	0,938	0,93456
	indice de c	1,06	0,92	0,81	0,71	0,91
	D90	48,57	48,57	48,6	48,45	48,07
Cœur	D100	0,8473	0,7	0,45	0,39	0,16
	Dmoyenne	3,291	3,021	2,681	2,391	2,1
	V5	9,42	8,05	6,56	5,61	4,86
	Distance a irradiier(tgi)	0,78			0,39	
	Distance a irradiier(tge)	0,522				
Sien contre latérale	D moy	1,201	22,607	14,671	7,869	2,39
	Dmax	30,738	1,006	0,775	0,576	0,377
	v2 %	62,91	9,53	37,7	9,9	5,00
	v2 cm3	13,52	44,35	17,56	7,869	0,24
Poumons gauche	V20 %	10,05	10,06	9,86	9,71	9,63
	V30 %	8,18	7,95	7,84	7,83	7,86
	v5 %	21,84	8,05	20,21	19,37	18,46
	v20 (cc)	113,84	113,93	111,662	110,054	109,148
	v30 (cc)	92,62	90,05	88,79	88,68	89,01
	v5 (cc)	249,78	240,459	229,02	219,487	209,105
Poumon droite	2 (cc)	3,20633	20,56	7, 6	1,22	20,57
	1(cc)					

Annexes

Annexes

Patient 9		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	53,64	52,96	52,45	52,23	52,38
	D95	46,222	47,07	47,61	47,61	47,39
	D50	50,7246	50,54	50,31	50,11	49,99
	D98	40,15	42,47	44,72	46,26	46,406
	HI	0,14	0,11	0,096	0,092	0,099
	IC	0,803	0,8403245	0,8944	0,9252	0,92812
	indice de c	0,89	0,77	0,72	0,9	0,9
	D90	48,0912	48,34	48,46	36,51	48,04
cœur	DI00	0,814174				
	Dmoyenne	5	0,69	0,58	0,26	0,38
	V5	11,29	4,276	4,536	3,781	4,976
			12,43	12,64	11,34	12,50
	Distance a irradiier(tgi)	1,02				
	Distance a irradiier(tge)	1,33				
Sien contre latérale	D moy	0,429	2,967	2,454	1,691	2,225
	Dmax	2,981	0,382	0,328	0,179	0,236
	v2 Gy%	4,79	1,3	2,00	0,233	0,15
	v2 cm3	0,53	1,17	0,2	2,09	0,014
Poumons gauche	V20 %	5,03	4,79	4,42	3,18	3,73
	V30 %	3,93	3,58	3,16	1,95	2,88
	v5 %	12,32	11,49	10,31	6,72	8,03
	v20 (cc)	41,8489	39,95	36,79	33,55	31,084
	v30 (cc)	32,7277	29,79	26,34	24,73	24,038
	v5 (cc)	104,37	95,77	85,86	55,98	66,92
Poumon droite		1,21823				
	2 (cc)		15,47	6,08	0,99	12,2
	1(cc)					0,64

Annexes

Patient 10		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,053	53,27	52,67	52,3	52,28
	D95	48,64	46,65	47,89	48,25	47,83
	D50	51,7	51,21	50,67	50,27	49,99
	D98	41,25	42,84	45,35	47,35	47,29
	HI	0,10	0,12	0,09	0,080	0,089
	IC	0,825	0,83	0,907	0,947	0,94
	indice de c	1	0,88	0,8	0,67	0,94
Cœur	D100	0,867				
			0,85	0,74	0,54	0,475
	Dmoyenne	4,8	4,363	4,465	4,554	4,642
	V5	14.74	14,20	13,41	13,05	12,84
	Distance a irradiier(tgi)	0,83				
Distance a irradiier(tge)	1,3					
sein contre latérale	D moy	1,09	10,567	10,364	10,306	11,031
	Dmax	12,043	0,925	0,746	0,591	0,437
	v2 %	16,26	10.86	5,87	2.7	1.4
	v2 cm3	197,649	132,06	71,33	32,84	17,023

Annexes

Poumons gauche	V20 %	14,42	14,95	15,61	16,20	16,78
	V30 %	12,22	12,42	12,70	12,95	13,14
	v5 %	26,01	26,09	25,74	25,44	25,16
	v20 (cc)	154,647	160,225	167,314	173,701	179,885
	v30 (cc)	131,06	133,064	136,109	138,736	140,87
	v5 (cc)	281,78	279,601	275,84	272,658	269,717
Poumon droite		2,205	1,71	0,002		12,2
	2 (cc)					
	1(cc)				4,7	

Annexes

Patient 11		3D	Hybride 01	Hybride 02	Hybride 03	IMRT
Ptv	D2	54,053	53,63	53,01	52,63	52,48
	D95	48,64	48,49	48,48	48,27	47,83
	D50	51,7	53,62	50,79	50,1	49,99
	D98	41,25	47,93	47,95	47,82	47,43
	HI	0,10	0,095	0,08	0,08	0,09
	IC	0,825	0,89	0,959	0,9564	0,95
	indice de c	1	0,99	0,86	0,74	1,16
	D90	46,28	48,99	48,95	48,69	48,17
Cœur	DI00	0,867				
			0,72	0,59	0,49	0,248
	Dmosyenne	3,966	3,686	3,345	3,053	2,761
	V5	11,16				
			9,97	8,37	7,24	6,34
Sien contre latérale	Distance a irradier(tgi)	0,98				
	Distance a irradier(tge)	1,25				
	D moy	1,09	2,933	2,542	2,248	1,955
	Dmax	12,043	0,316	0,24	0,175	0,109
Poumons gauche	v2 %	16,26	73,00	12,00	1,00	94,40
	v2 cm3	197,649	6,89	1,14	0,13	8,899
	V20 %	19,25	18,59	17,39	16,16	15,07
	V30 %	16,50	15,39	14,09	13,16	12,37
Poumon droite	v5 %	36,70	35,79	34,30	33,00	31,71
	v20 (cc)	220,86	213,279	199,608	185,43	172,967
	v30 (cc)	189,386	176,66	161,675	150,992	141,997
	v5 (cc)	425,563	410,683	393,53	378,615	363,87
		2,205	25,07	1,97	8,4	4,51
	2 (cc)					
1(cc)						