



MASTER CLASS

Onco-radiothérapie

Quelle radiothérapie stéréotaxique pulmonaire aujourd'hui ?

Indications
Gestion des mouvements
Contourage & Toxicité spécifique

#3

10 Questions/Réponses utiles à la pratique

Brochure réalisée suite à la MasterClass Nationale Onco-Radiothérapie qui a eu lieu les 13 et 14 mai 2022, et dont le programme scientifique a été élaboré par le comité scientifique composé de :

Oncologues Radiothérapeutes

Dr Paul LESUEUR *Centre Guillaume Le Conquérant, Le Havre*

Dr Etienne MARTIN *CGFL, Dijon*

Pr Sébastien THUREAU *Centre Henri Becquerel, Rouen*

Physicien Médical

Dr Florent MARTINETTI *APHM, Marseille*



LA RADIOTHÉRAPIE STÉRÉOTAXIQUE PULMONAIRE...

- › La place de la radiothérapie (RT) **s'élargit dans le traitement des cancers bronchiques.**
- › La RT stéréotaxique pulmonaire occupe une **place majeure** en oncologie, **à tous les stades.**^{1,2,3}
- › Cette brochure répond aux questions concernant **les indications de la RT stéréotaxique pulmonaire, ses caractéristiques, les techniques, les contraintes et les organes à risque nécessitant des précautions spécifiques**

Généralités - Introduction

- Quelle radiothérapie aujourd'hui en cas de RTCT ? 2
- Quelle optimisation de la prise en charge des CBPC localisés et étendus ? 3

La radiothérapie (RT) stéréotaxique pulmonaire

- 1** Quelles caractéristiques de la RT stéréotaxique pulmonaire ? 6

Indications & Volumes-cibles

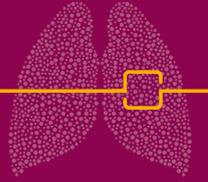
- 2** Quels stades et quelles localisations concernés par la RT stéréotaxique ? 8
- 3** Quelle mise en œuvre en pratique de la RT stéréotaxique : guidelines, système de contention, scanner dosimétrique et volumes-cibles ? 10

Gestion des mouvements

- 4** Quelles techniques pour la gestion des mouvements respiratoires en RT stéréotaxique ? 12

Contourage & toxicité

- 5** Quelle stratégie de contourage en RT stéréotaxique ? 18
- 6** Quels organes à risque nécessitent des précautions spécifiques 19
- 7** Poumon
quelles contraintes, toxicités & imageries spécifiques ? 19
- 8** Arbre bronchique proximal
quelles contraintes et toxicités spécifiques ? 22
- 9** Paroi thoracique
quelles contraintes et toxicités spécifiques ? 22
- 10** Gros vaisseaux
quelles contraintes et toxicités spécifiques ? 23



Quelle radiothérapie aujourd'hui en cas de RTCT ?

La **radiothérapie** est le traitement local standard des CBNPC localement avancés non opérables, la chimioradiothérapie concomitante étant le traitement de référence pour tous les patients éligibles.⁴

Il n'y a pas d'étude clinique prospective comparant la **RCMI** (Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité) à la radiothérapie conformationnelle 3D mais celle-ci présente cependant plusieurs intérêts, et notamment une **meilleure épargne des organes à risque** :⁵

- une diminution de la V20 Gy et de la dose moyenne pulmonaire permet une diminution du risque de pneumopathies de grade 3
- une diminution des doses reçues par le cœur.
(Cf. Brochure N°1 pour plus d'information sur la RCMI).

La **dose standard** est **60 à 66 Gy en 30 à 33 fractions** pendant **6 à 6,5 semaines**.⁶ Lorsque la RT est associée à la chimiothérapie, une augmentation de dose au delà de 66-70 Gy apparaît délétère.^{7,8}

Le fractionnement "conventionnel" est : **1 séance par jour, 2 Gy par séance, 5 séances par semaine**.^{6,7}

Les **volumes cibles** doivent être définis grâce à une tomographie par émission de positons (**TEP-TDM**) récente et si possible en position de traitement.⁹

Quelle optimisation de la prise en charge des CBPC localisés et étendus ?

> CBPC localisés

RAPPEL DES STANDARDS EN 2020^{10,11}

Chimioradiothérapie concomitante

Spécificités de la radiothérapie

- En **modulation d'intensité**, pour réduire le risque de pneumopathie radique⁵
- À débiter le plus rapidement possible, **dès C1** idéalement
- 45 Gy bi-fractionné **OU** 66 Gy en 33 fractions
 - ▶ sur le volume ganglionnaire pré-chimiothérapie
 - ▶ sur le volume tumoral post-chimiothérapie (avis d'Expert)
- Si patient jeune sans comorbidités importantes ou inclusion dans l'essai PRIMALUNG
 - ▶ IPC 25 Gy en 10 fractions avis d'Expert

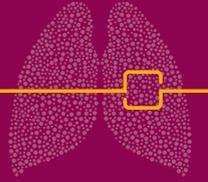
Les dernières études publiées apportent des premières réponses aux 4 grandes questions qui restaient en suspens en fin 2020 :

> 1. Quelle place pour la RT stéréotaxique dans les T1T2-N0 ?

- L'analyse de données rétrospectives, conforte l'intérêt de la **radiothérapie stéréotaxique pour les T1T2-N0** à condition que cette dernière soit suivie d'une chimiothérapie séquentielle.
- Les tumeurs ultra-centrales ne sont pas éligibles.¹⁰

> 2. Quel est le meilleur schéma d'irradiation en cas de radio-chimiothérapie ?

- Le **schéma bifractionné [60 Gy en 4 semaines, 2 fractions par jour, 5 jours par semaine]** semble supérieur au schéma classique en 60-66 Gy en 30-33 fractions. Il est cependant difficile à appliquer en routine et sa supériorité n'est pas démontrée par une étude "face-face" randomisée.¹²



> CBPC localisés (suite)

> 3. Quelle place des anti PD-L1 aux stades localisés ?

- En 2020, des interrogations ont été soulevées concernant l'utilisation d'anti PD-L1 chez les patients atteints d'un CBPC localisé. Des données devraient être disponibles dans les 3 à 5 prochaines années.

> 4. Quelle stratégie de radiothérapie pour le cerveau : IPC, IPC avec épargne hippocampique, surveillance...?

- ▶ L'**IPC** reste la référence aux stades localisés (stades II-III) chez des patients en **bon état général** et chez des patients **jeunes** (< 70 ans).¹⁰
- ▶ Néanmoins, ce standard est issu du résultat d'une **méta-analyse des années 90** dans laquelle un certain nombre de patients métastatiques n'étaient pas identifiés du fait d'accès restreint à l'IRM. En 2023, l'**IRM cérébrale** est considérée comme l'examen de référence.¹³

“Les patients de stades localisés des années 80-90, ne sont plus les patients de stades localisés d'aujourd'hui.”

- L'étude **EORTC PRIMALUNG** [IPC + surveillance vs surveillance IRM vient de débuter.

Associé à l'IPC, l'**épargne hippocampique** est une option à envisager : celle-ci semble ne pas faire perdre de chance de survie ou de contrôle cérébral de la maladie et permettrait de **réduire le déclin cognitif**.^{14,15}

- Les résultats de l'étude randomisée **NRG CC003** [IPC comparant l'épargne hippocampique à l'absence d'épargne hippocampique] permettront d'en mesurer le réel bénéfice.

> CBPC disséminés

Deux questions en particulier trouvent des réponses dans des publications récentes :

> 1. Quelle place pour la radiothérapie thoracique de clôture chez les patients métastatiques avec l'arrivée des anti PD-L1 ?

- Depuis l'introduction de l'immunothérapie en première ligne de traitement, la **radiothérapie thoracique de clôture** chez les patients métastatique est débattue. En effet, elle n'était pas autorisée dans les études randomisées de chimio-immunothérapie, mais 2 études récentes concluent à la **tendance au bénéfique** pour son usage.^{16,17} Celle-ci figure comme une option de prise en charge dans les recommandations ASCO/ASTRO.¹⁰

> 2. L'irradiation pan encéphalique est-elle encore la règle en cas de métastases cérébrales ?

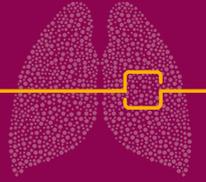
- L'intérêt de la **radiothérapie stéréotaxique** en cas de métastases cérébrales a été conforté par les résultats de la publication de **2020 FIRE**, une grande série rétrospective (> 700 patients). Cependant **en cas d'atteinte métastatique diffuse** (> 10 métastases), l'**irradiation pan encéphalique** reste une option thérapeutique.¹⁸

Par ailleurs, les résultats de 2 études randomisées en cours sont attendus pour confirmer le bénéfice de la radiothérapie stéréotaxique :

- **NRG-CC009 : HA-WBRT** [irradiation encéphalique **avec épargne hippocampique**] vs SRS, 1-6 métastases
- **ENCEPHALON : WBRT** [irradiation encéphalique **sans épargne hippocampique**] vs SRS, 1-10 métastases

LES RECOMMANDATIONS ASTRO/ASCO ¹⁰

Dernière publication 2021 : **Daly ME, et al. Radiation Therapy for Small-Cell Lung Cancer: ASCO Guideline Endorsement of an ASTRO Guideline. J Clin Oncol 2021;39:931-39**



1 Quelles caractéristiques de la radiothérapie (RT) stéréotaxique pulmonaire ?

La radiothérapie stéréotaxique est historiquement associée à la **neurochirurgie**.^{19,20}

- En grec,
 - ▶ **Stéréos** signifie “en trois dimensions”
 - ▶ **Taxis** signifie “disposition, ordonnancement”
- L'objectif est d'établir une relation rigide entre un système de coordonnées externes et l'anatomie, historiquement, interne du cerveau.

LES ACRONYMES DE LA RT STÉRÉOTAXIQUE

En cas de radiothérapie intracrânienne

- **SRS** : *Stereotactic RadioSurgery* [dose délivrée en une séance]^{19,20}
- **SRT** (ou HSRT) : (*Hypofractionated*) *Stereotactic RadioTherapy* [dose délivrée en plusieurs séances]²⁰

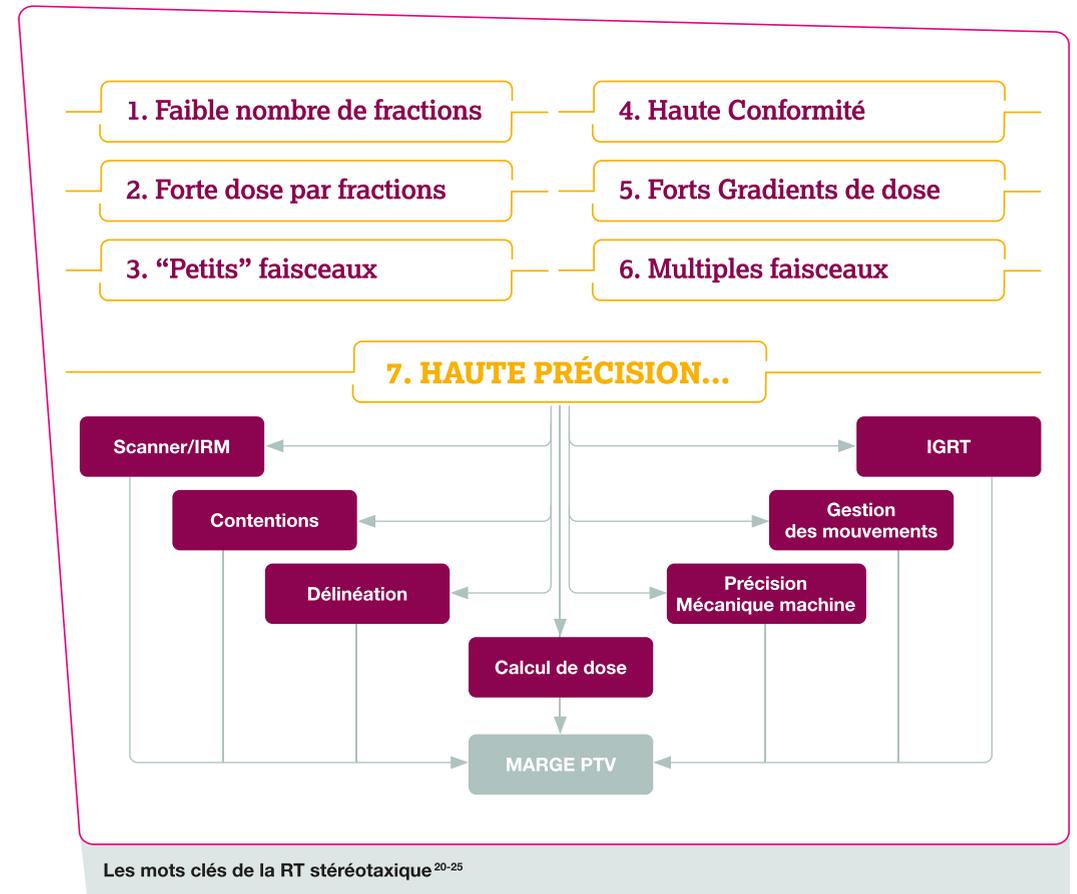
En cas de radiothérapie extracrânienne

- **SBRT** : *Stereotactic Body RadioTherapy*²¹
- **SAbR** (plus récemment) : *Stereotactic Ablative Radiotherapy*²²

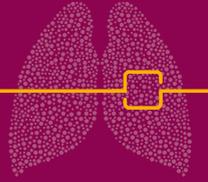
La technique d'irradiation **en conditions stéréotaxiques** doit respecter 7 principes majeurs :²⁰⁻²⁵

- **1. Un faible nombre de séances** : inférieur à 10, voire < à 8 dans certaines références^{21,23}
- **2. Une forte dose par séance** : supérieure à 6 Gy, voire > à 8 Gy dans certaines références^{21,23}
- **3. Une haute conformité** de distribution de la dose au volume^{20,23}
- **4. Un fort gradient de dose** autour du volume traité^{20,23}

- **5. De “petits faisceaux” ou champs de faible dimension** : inférieur à 5 mm²³
- **6. De multiples faisceaux**, les techniques sont nombreuses : multiple static beam, arcthérapie, VMAT (IMRT rotationnelle)^{21,23}
- **7. Une haute précision tout au long du parcours du patient** permettant la réduction au maximum des incertitudes de calcul de la **marge PTV** à appliquer volume à traiter²⁰⁻²⁵



Les mots clés de la RT stéréotaxique²⁰⁻²⁵



2 Quels stades et quelles localisations concernés par la RT stéréotaxique ?

La radiothérapie stéréotaxique pulmonaire occupe une place majeure en oncologie, à **tous les stades**

> Stades I/II¹

- **Traitement thoracique standard** des patients inopérables ou refusant la chirurgie.

> Stade III²

- **Option thérapeutique** : sur une petite lésion périphérique en association avec le traitement classique du médiastin (chimio-radiothérapie).
- **Option en cours d'étude** : sur une lésion résiduelle après chimio-radiothérapie sous la forme d'un "boost".

> Stade IV³

- **Option en cours d'étude** : en situation oligométastatique, d'emblée ou en cas d'oligoprogression ou d'oligopersistance.

Certaines localisations tumorales sont plus propices à l'usage de la radiothérapie stéréotaxique :

> Lésion périphérique²⁶

- **Définition** : tumeur située à plus de 2 cm de l'arbre bronchique proximal ou à plus de 2 cm du médiastin
- La RT stéréotaxique est envisageable avec peu de risques :
 - ▶ **Classiquement** : 3 séances de 15-18 Gy/fr

> Lésion périphérique proche de la paroi thoracique

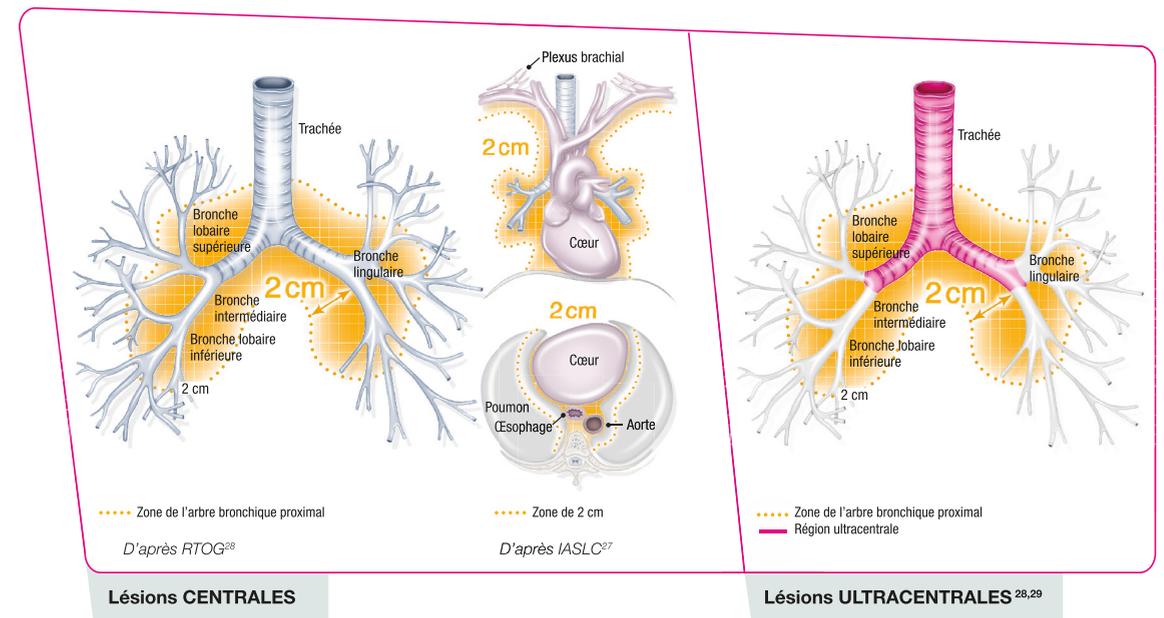
- La RT stéréotaxique est envisageable mais une adaptation de dose est nécessaire pour éviter les toxicités (pariétales et costales) :
 - ▶ **Classiquement** : 4 séances de 12 Gy/fr 26
 - ou 5 séances de 10-11 Gy/fr^{avis d'Expert}

> Lésion centrale^{26,27}

- **Définition** : tumeur située à moins de 2 cm de l'arbre bronchique proximal (*d'après le RTOG*) ou à moins de 2 cm de tout organe critique médiastinal (arbre bronchique proximal, cœur, gros vaisseaux, moelle, plexus brachial) (*d'après l'IASLC*).
- La RT stéréotaxique est envisageable mais pour limiter les toxicités des adaptations sont nécessaires :
 - ▶ **Classiquement** : 50-55 Gy/5fr ou 60 Gy/8fr
 - ▶ **Priorité sur les organes à risque** et la définition de contraintes particulières pour l'arbre bronchique proximal [*d'après l'étude du RTOG 0813*]

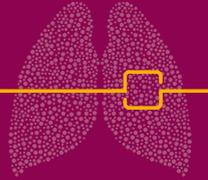
> Lésion ultra-centrale^{26,27}

- **Définition** : tumeur au contact, ou envahissant, l'arbre bronchique proximal ou lorsque le PTV englobe les bronches ou l'œsophage.
- La RT stéréotaxique est à envisager avec prudence :
 - ▶ **À discuter** : passage à une radiothérapie hypofractionnée (15 à 20 fractions).



Lésions CENTRALES

Lésions ULTRACENTRALES^{28,29}



3 Quelle mise en œuvre en pratique de la RT stéréotaxique : guidelines, système de contention, scanner dosimétrique et volumes-cibles ?

> Guidelines

3 sociétés savantes ont publiées des *guidelines* auxquelles se référer pour mettre en place une radiothérapie stéréotaxique :

- **SFRO** (Société Française de Radiothérapie Oncologique), publication 2018³⁰
- **ESTRO** (European Society for Radiotherapy & Oncology), publication 2017³¹
- **ASTRO** (American Society for Radiation Oncology), publication 2017³² (mise à jour 2022³³)

> Systèmes de contention

Le système de contention n'est **pas nécessairement différent de celui qui serait utilisé en radiothérapie conventionnelle** ; mais il **doit être maîtrisé** par les manipulateurs et par le radiologue qui doit savoir en gérer les imprécisions.^{6,21}

> Spécificités du scanner dosimétrique

Il doit être réalisé :^{6,21}

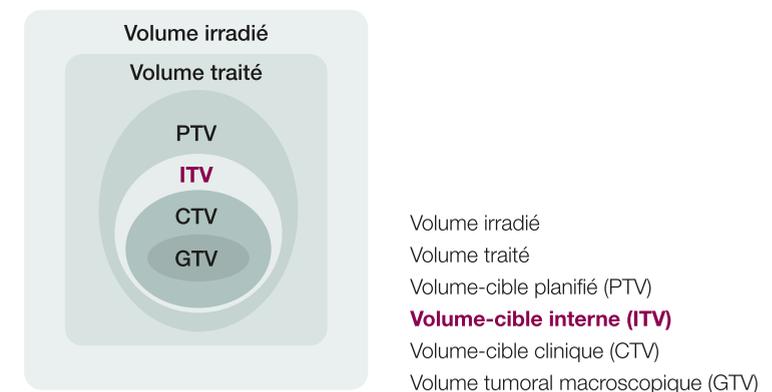
- en position de traitement
- sur tout le poumon jusqu'au cricoïde
- avec des coupes de 2-3 mm
- *l'injection de produit de contraste est optionnel*

Un **dispositif d'asservissement respiratoire** est obligatoire, utilisation des techniques :⁶

- de respiration libre, *Gating* et *Tracking* avec un **scanner 4D**
- de blocage respiratoire avec un **scanner classique rapide**

> Définitions des volumes-cibles

Les volumes-cibles, doivent respecter les critères **ICRU 62/83 qui font apparaître l'ITV** (volume cible interne). L'ITV contient une **marge interne tenant compte des mouvements des organes contenant la tumeur** (ex: poumon), cette marge interne dépend du siège de la tumeur et des organes critiques de voisinage.³⁴



Les différents volumes cibles de la RT stéréotaxique [ICRU 62/83]³⁴

> Le volume-cible tumoral macroscopique (GTV)⁶

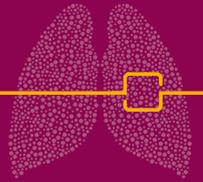
- **Définition** : correspond à la lésion tumorale pulmonaire, visible sur le scanner.
- **Contourage** : en fenêtres parenchymateuse et médiastinale

> Le volume-cible clinique (CTV)⁶

- **Définition** : correspond le plus souvent au GTV en RT stéréotaxique, pour 2 raisons :
 - la limitation du volume irradié permet de limiter la toxicité
 - la forte dose à la périphérie de la lésion est suffisante pour stériliser la maladie microscopique estimée comme très faible

> Le volume-cible prévisionnel ou planifié (PTV)⁶

- Correspond à la prise en compte des incertitudes liées aux mouvements internes des organes (ITV) et au repositionnement du patient (*set-up margin*).



4 Quelles techniques pour la gestion des mouvements respiratoires en RT stéréotaxique ?

Des rapports d'intérêts sont publiés par 2 sociétés savantes :

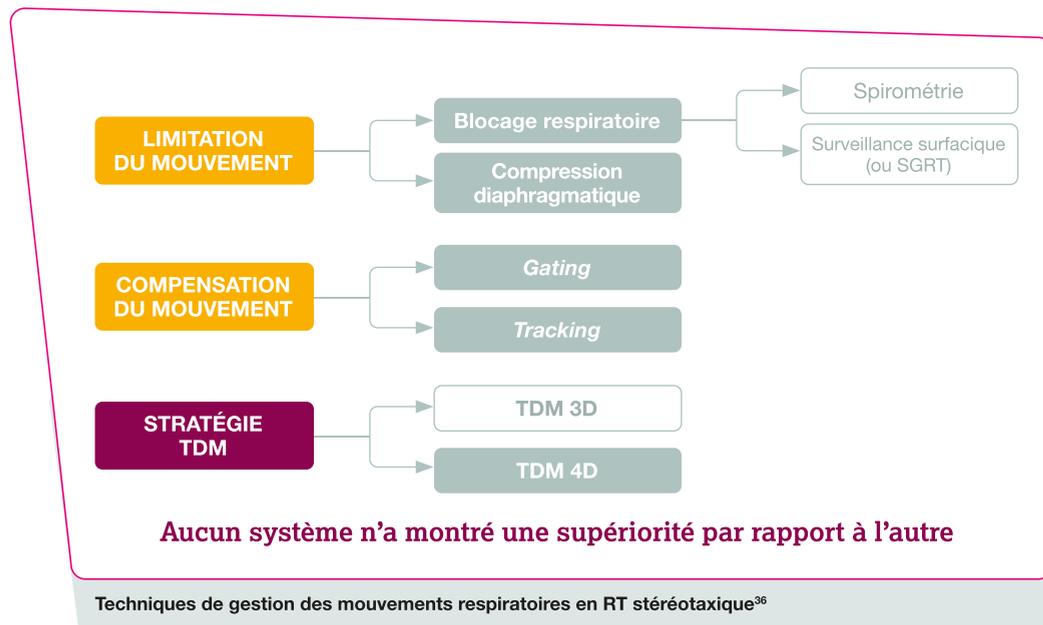
- **L'AAPM** (Association des Physiciens Américains) : "The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76", en 2006.³⁵
- **La SFPM** (Société Française de Physique Médicale) : "Gestion des mouvements internes en radiothérapie externe", en 2020.³⁶

Deux grandes famille de techniques de gestion des mouvements de la lésion se distinguent :

- **Techniques de LIMITATION**
- **Techniques de COMPENSATION**

Ces techniques peuvent s'associer à des "stratégies TDM" pour **évaluer ou estimer le mouvement de la lésion**. La recommandation est d'utiliser un TDM 4D.³⁶

Enfin, il est conseillé d'utiliser le même dispositif de surveillance respiratoire depuis l'étape de simulation au scanner jusqu'à la délivrance du traitement afin d'éviter tout problème de référentiel.³⁶



TECHNIQUES DE LIMITATION

> Blocage respiratoire : spirométrie³⁶

Technique

- Blocage actif du patient, apnée en inspiration profonde
 - ▶ **Une séance d'apprentissage est nécessaire pour le patient**

Objectifs

- Immobiliser le diaphragme
 - ▶ **Réduction de la marge interne du volume cible**
- Augmenter le volume pulmonaire
 - ▶ **Diminution de la dose délivrée aux poumons**

Systèmes disponibles

- **Blocage actif** (ex. ABC Elekta)
- **Blocage volontaire** (ex. SpiroDyn'R)

> Blocage respiratoire : surveillance surfacique³⁶

Technique

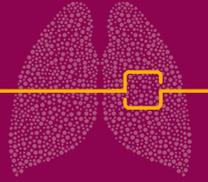
- Blocage actif du patient, apnée en inspiration profonde. Les mouvements de la surface externe du patient sont surveillés en continu.

Objectifs

- Bloquer la respiration
- Faciliter le repositionnement
- Surveiller les mouvements au cours de la délivrance du traitement

Systèmes disponibles

- Système de Vision RT (Align-RT)
- Système de C-RAD (Catalyst)



> Compression diaphragmatique³⁶

Technique : blocage passif, respiration libre du patient. Une compression mécanique ou pneumatique est appliquée sur l'abdomen.

► **Il persiste un mouvement résiduel de la lésion et des organes à risque**

Objectif

- Réduire les mouvements du diaphragme et donc du thorax
- **Réduction de l'ITV**, donc diminution des toxicités pulmonaires ou hépatiques
- Intérêt particulier lorsque la lésion est dans les lobes **inférieurs**.

Systèmes disponibles (exemples)

- Système de ORFIT (SBRT)
- Système de Elekta (BodyFix)
- Système de CIVCO (Body Pro Loc)

TECHNIQUES DE COMPENSATION

> Gating "Irradiation dans une fenêtre temporelle"³⁶

Technique

- Traitement de la lésion au cours d'une **phase stable et reproductible de la respiration**. Le traitement se fait en respiration libre sur une partie du cycle respiratoire.
- L'hypothèse posée soutenant cette technique est la corrélation reproductible entre le mouvement externe d'un marqueur et le mouvement interne de la lésion.
- La fenêtre de traitement est définie soit selon l'amplitude du mouvement, soit selon la phase.
- Au final, les recommandations sont :
 - **Usage de la fenêtre de phase**
 - **Centrage de la fenêtre sur la phase expiratoire**
 - **Fixation de la largeur à environ un tiers du cycle**
 - **Le traitement est souvent long**

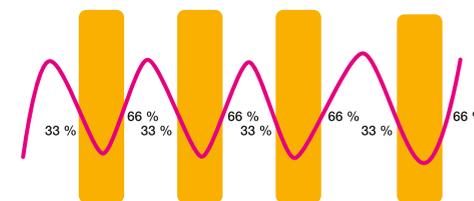
Systèmes disponibles

- Systèmes de Varian (RPM, RGSC)

> Gating "Irradiation dans une fenêtre temporelle"³⁶

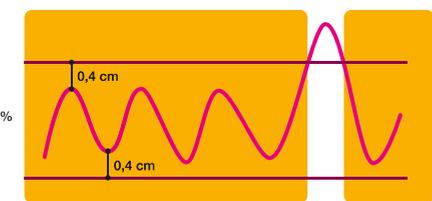
Orange = période de traitement, faisceau activé

TRAITEMENT EN GATING (Gating en phase)



► Traitement uniquement entre les phases 33 % et 66 %

TRAITEMENT EN BACK-UP GATING (Gating en amplitude)



► Traitement tout au long du cycle respiratoire excepté lors des respirations atypiques

Traitement en Gating³⁶

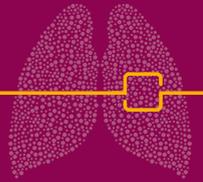
> Tracking "Suivi en temps réel"³⁶

Technique

- Traitement dynamique de la lésion par **adaptation de la forme et de la position du faisceau** en fonction de la respiration du patient. Le traitement se fait en **respiration libre sur la totalité du cycle respiratoire**.
- L'hypothèse posée soutenant cette technique est la corrélation entre le mouvement de marqueurs externes et la position réelle de la lésion obtenue par images RX orthogonales.

Systèmes disponibles

- *Accuray (Cyberknife)*, tracking via 2 options :
 - Implantations de fiduciales
 - *Lung Optimised Treatment* (algorithme détectant sur chaque cliché, la lésion dense au milieu du parenchyme pulmonaire moins dense)
- IRM Linac
- Véro



STRATÉGIE TDM COMPLÉMENTAIRE

> TDM 4D³⁶

Technique

- Acquisition des données synchronisée avec le signal externe représentant le mouvement physiologique de la zone explorée (signal respiratoire pour le poumon).
- La **technique d'acquisition** est basée sur l'**amplitude du signal** ou sur la **phase du cycle respiratoire**.
- La **reconstructions** des données acquises peut être faite de manière **prospective** ou **rétrospective** en fonction de leur position dans le signal respiratoire.

Objectif

- Obtention de 6 à 10 séries d'images volumiques réparties sur le cycle respiratoire.

Les reconstructions supplémentaires sont :

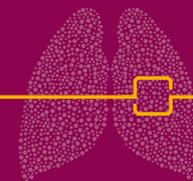
	Série Average-IP	Série Maximum-IP	Série Mid-Ventilation
Technique	Moyenne des séries pixel par pixel. La valeur d'un pixel est la moyenne des UH mesurées sur chacune des séries dans ce pixel	Conservation uniquement de la valeur maximale de chaque pixel (UH max)	Reconstruction de la position moyenne de la lésion pondérée en fonction du temps du cycle respiratoire.
Usage de la série	Souvent utilisée pour le calcul de la dose	Intérêt dans le poumon (lésion dense (UH élevée) dans le parenchyme peu dense (UH faible))	Nécessite un logiciel de reconstruction adapté

EN SYNTHÈSE

Stratégie de gestion du mouvement en fonction de la condition clinique

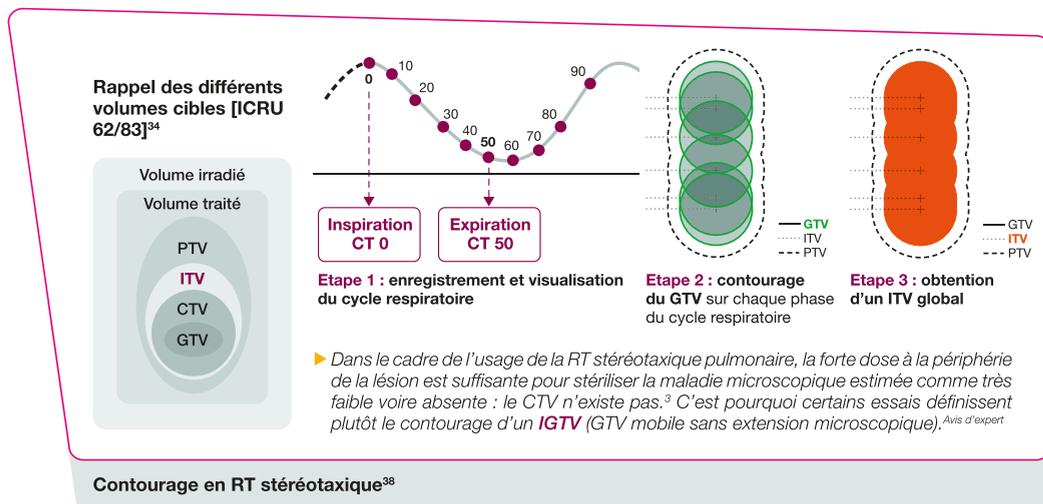
	ITV		Gating	Tracking	Blocage respiratoire	
	sans compression diaphragmatique	avec compression diaphragmatique		LOT	avec fiduciaires	
Taille de la lésion	Recommandé si < 5 cm si < 1 cm : avec IGRT à privilégier	-	-	> 1,5 cm de diamètre	-	-
Densité de la lésion	<i>Pas d'impact</i>	-	<i>Pas d'impact</i>	Adapté pour lésions denses	-	<i>Pas d'impact</i>
Lobe supérieur/moyen	Adapté	Pas d'intérêt	-	Adapté	Adapté	Pas d'intérêt – si lésion petite < 5 cm : stratégie ITV privilégiée
Lobe inférieur	Attention taille de l'ITV (ok si lésion de petit volume)	Adapté	Adapté pour les lésions proches du diaphragme	Attention aux lésions proches du diaphragme (artefacts)	Adapté	Adapté si possibilité de tenir l'apnée

Tableau d'après références 36,37 et avis d'Expert



5- Quelle stratégie de contourage en RT stéréotaxique ?

Comme en radiothérapie conventionnelle, la stratégie la plus répandue est celle du **contourage de l'ITV sur les images issues de l'acquisition 4D** (10 phases respiratoires).³⁸

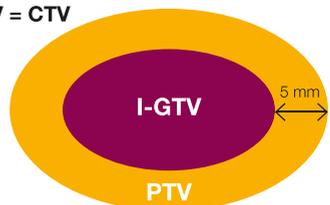


Cette stratégie étant chronophage, il est plutôt **recommandé de contourer les CTV sur la MIP** et de vérifier ensuite sur les phases (cf. brochure #1).³⁸ Enfin, la **marge de PTV** autour de l'IGTV (*set-up margin*), doit être déterminée par chaque service car elle dépend notamment du système de repositionnement employé. En stéréotaxie, une marge de **5 mm** permet de tenir compte de toutes les incertitudes.⁶

EN SYNTHÈSE

Contourage & volumes-cibles en RT stéréotaxique³

GTV = CTV



I-GTV

- Somme des GTV contouré sur le scanner 4D
- Contouré en fenêtre médiastinale et parenchymateuse

PTV

- Marge de 5 mm généralement

MIP Maximal Intensity Projection - AIP Average Intensity Projection - PTV Volume-cible planifié - ITV Volume cible interne - CTV Volume-cible clinique - GTV Volume tumoral macroscopique - Gr Grade

6- Quelle différence de contraintes pour les OAR entre la RT stéréotaxique et le normo fractionné ?

Tous les OAR ont des contraintes spécifiques à la radiothérapie stéréotaxique. La différence avec le normo fractionné, c'est qu'en radiothérapie stéréotaxique, on rajoute des **contraintes sur l'arbre bronchique, la paroi thoracique, les gros vaisseaux et la peau**.³⁹

Contraintes de dose : RÉFÉRENTIELS pour les tumeurs périphériques

Ils présentent des similitudes mais ne sont **pas identiques**.³⁹ Des précautions spécifiques doivent être prises pour les **tumeurs centrales et ultra-centrales**.³⁹

RECORAD⁴⁰
Recommandations
Françaises
2022

TIMMERMAN⁴¹
Dr R. Timmerman
Dernière mise à jour
2022

UK⁴²
Recommandations
Britanniques
2022

Contourage : ARTICLE DE RÉFÉRENCE

Atlas du RTOG⁴³
Recommandations internationales 2011

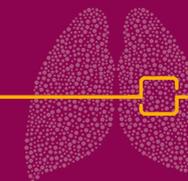
Littérature d'intérêt pour la gestion des OAR en RT stéréotaxique

7- Poumon : quelles contraintes, toxicités et imageries pulmonaires spécifiques ?

Contraintes

Le contourage en fenêtre parenchymateuse doit avoir lieu sur le **poumon bilatéral** avec **exclusion du GTV**.^{39,43} La séquence de scanner appropriée est l'Average comme pour tous les OAR.⁴³

Le risque de **toxicité pulmonaire symptomatique** après radiothérapie stéréotaxique est moindre qu'en radiothérapie thoracique normo-fractionnée, généralement inférieure à 10 %³⁹ : **≥ Gr 2 : ≈ 10 % ; ≥ Gr 3 : < 2 %**.⁴⁴



Pour en limiter les risques les recommandations préconisent :

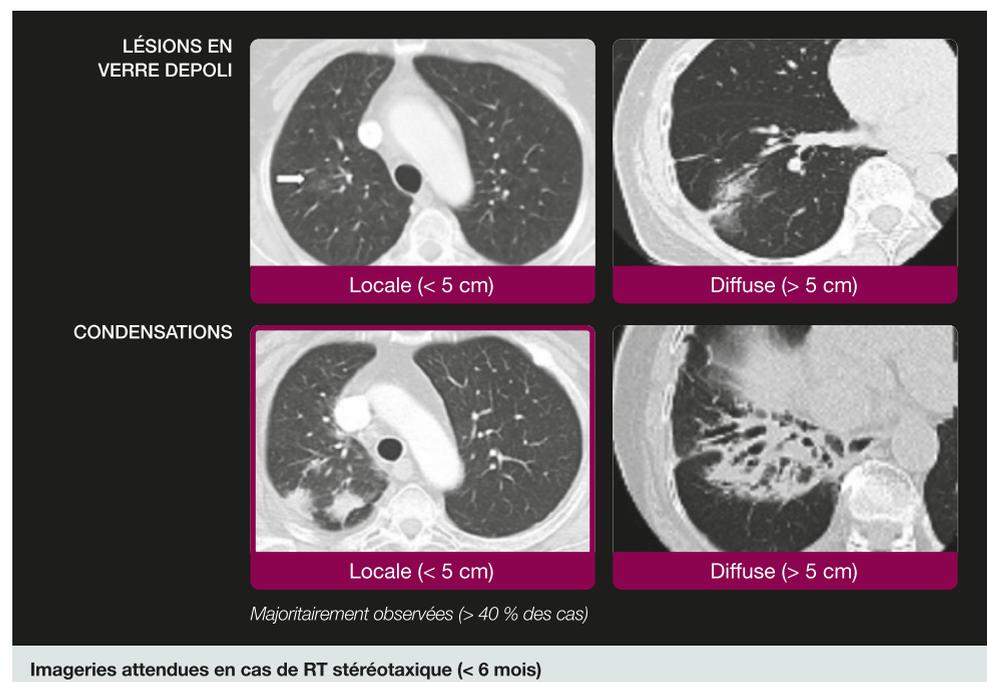
- **V20 Gy < 10-15 %**
- **Dose moyenne < 6-8 Gy**³⁹

Cependant, en cas de **tumeur multiple ou grosse tumeur** et **poumon unique** une vigilance spécifique est nécessaire. Une **pneumopathie interstitielle** préexistante augmente significativement le risque de pneumopathie radique grave.⁴⁰

> Toxicité & imageries pulmonaires spécifiques⁴⁵

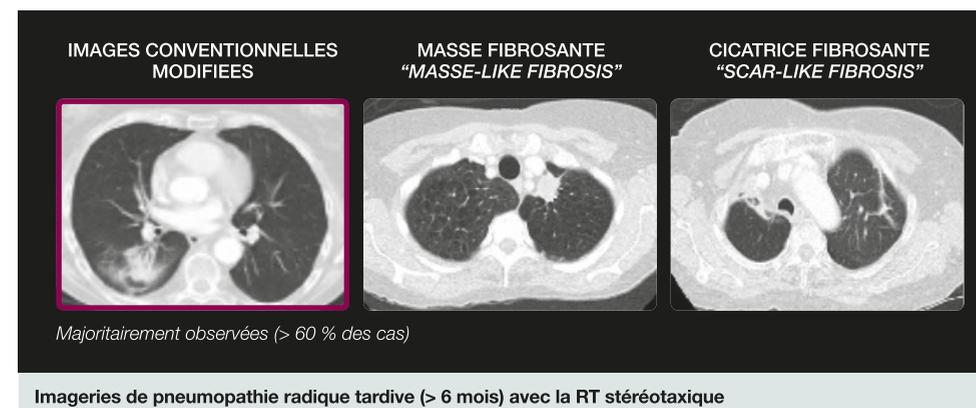
Les pneumopathies aiguës (< 6 mois) sont fréquentes : **30 à 50 % des patients**.

Ces imageries spécifiques à la RT stéréotaxique doivent être connues pour ne pas considérer à tort un patient comme progresseur.



Les images de pneumopathies radiques tardive (> 6 mois) sont aussi très fréquentes avec la RT stéréotaxique : **> 80 % des patients**.

Il est rare que la tumeur disparaisse totalement, ces imageries séquellaires doivent être expliquées au patient.



> Évolution

Les aspects de pneumopathies sont évolutives dans le temps que ce soit en morphologie et/ou en sévérité.

Dans 25 % des cas les premiers changements apparaissent plus d'un an post-radiothérapie et des signes d'évolution sont commun 2 ans après traitement.

> Évaluation

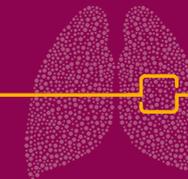
L'évaluation doit donc se faire au long cours et une image de progression avant un an n'est pas significative.

> Rechute locale⁴⁶

D'après une revue de la littérature récente [32 études incluses, 13 % de rechute locale], les **critères radiologiques prédictifs de rechute** identifiés sont multiples. Pour être significatifs, plus de 3 critères doivent être observés.

- ▶ ↗ de la taille de l'opacité
- ▶ ↗ de la taille de l'opacité sur plusieurs scanner successifs
- ▶ ↗ de la taille de l'opacité après un an
- ▶ ↗ de la taille cranio-caudale
- ▶ Aspect bombant des contours de l'opacité
- ▶ Disparition de l'aspect linéaire des contours
- ▶ Disparition du bronchogramme aérien

Lorsque 3 critères sont observés, un **TEP scanner** de contrôle est justifié et une fixation **SUV max > 5** est un élément supplémentaire prédictif de rechute.



8 Arbre bronchique proximal : quelles contraintes et toxicités spécifiques ?^{39,40}

- > L'arbre bronchique proximal n'est pas contourné en RT conventionnelle. En RT stéréotaxique son contournage est fait en fenêtre médiastinale et doit inclure : **la trachée, les bronches souches et les bronches lobaires bilatérales jusqu'à la bifurcation avec les segmentaires.**
- > Les toxicités potentielles spécifiques sont : l'hémoptysie, la nécrose et sténose bronchique, l'atélectasie et les fistules.
- > Le risque de toxicité est majoré en cas de tumeur centrale ou ultra-centrale.

9 Paroi thoracique : quelles contraintes et toxicités spécifiques ?³⁹

- > La paroi bronchique n'est pas contournée en RT conventionnelle. En RT stéréotaxique son contournage correspond généralement à une bande de 2 cm incluant : **les muscles intercostaux et les racines nerveuses (exclusion des corps vertébraux, sternum et peau).**
- > Les toxicités potentielles spécifiques sont : les **douleurs pariétales** (11 %* IC_{95%} [8,0-14,4]) et la **fracture costale** (6 %* (IC_{95%} [3,7-9,7])).⁴⁷
- > Les facteurs prédictifs de toxicité identifiés sont :⁴⁷
 - La distance lésion/paroi thoracique < 25 mm
 - Le sexe féminin et l'obésité
 - La V30 Gy > 30-70 cc

10 Gros vaisseaux : quelles contraintes et toxicités spécifiques ?³⁹

- > Les gros vaisseaux sont à prendre en considération lorsque la tumeur en est proche.
- > Les toxicités potentielles spécifiques sont : l'anévrisme, la dissection et la rupture.

* % de survenue lorsque les contraintes sont respectées. D'après une revue de la littérature et méta-analyse de 2019 sur 57 études.



Bibliographie

1. Couraud S, Toffart A-C, Ranchon F, Merle P, Souquet P-J et le comité de rédaction des référentiels Auvergne Rhône-Alpes en oncologie thoracique. Référentiel sur le cancer bronchique non à petites-cellules : actualisation 2022. ARISTOT 2022.
2. Alcibar OL, *et al.* Systematic review of stereotactic body radiotherapy in stage III non-small cell lung cancer. *Transl Lung Cancer Res* 2021;10:529-38.
3. Wujanto C, *et al.* Stereotactic body radiotherapy for oligometastatic disease in non-small cell lung cancer. *Front Oncol* 2019;9:1219.
4. van Meerbeeck JP, *et al.* Modern radiotherapy as part of combined modality treatment in locally advanced non-small cell lung cancer: present status and future prospects. *Oncologist* 2008;13:700-8.
5. Chun SG, *et al.* Impact of intensity-modulated radiation therapy technique for locally advanced non-small-cell lung cancer: A secondary analysis of the NRG Oncology RTOG 0617 Randomized Clinical Trial. *J Clin Oncol* 2017;35:56-62.
6. Khalifa J, *et al.* Radiotherapy for primary lung cancer. *Cancer Radiother* 2022;26:231-43.
7. Bradley J, *et al.* Long-term results of NRG Oncology RTOG 0617: standard- versus high-dose chemoradiotherapy with or without cetuximab for unresectable stage III non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol* 2020;38:706-14.
8. Ramroth J, *et al.* Dose and fractionation in radiation therapy of curative intent for non-small cell lung cancer: meta-analysis of randomized trials. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2016;96:736-47.
9. Steenbakkens RJ, *et al.* Reduction of observer variation using matched CT-PET for lung cancer delineation: a three-dimensional analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;64:435-48.
10. Daly ME, *et al.* Radiation therapy for small-cell lung cancer: ASCO guideline endorsement of an ASTRO guideline. *J Clin Oncol* 2021;39:931-39.
11. Falchero L, Duruisseaux M, Souquet P-J, Tissot C, Planchard D, et le comité de rédaction des référentiels Auvergne Rhône-Alpes en oncologie thoracique. Référentiel Cancer Bronchique à petites Cellules : actualisation 2022. ARISTOT 2022.
12. Grönberg BH, *et al.* High-dose versus standard-dose twice-daily thoracic radiotherapy for patients with limited stage small-cell lung cancer: an open-label, randomised, phase 2 trial. *Lancet Oncol* 2021;22:321-31.
13. Aupérin A, *et al.* Prophylactic cranial irradiation for patients with small-cell lung cancer in complete remission. Prophylactic Cranial Irradiation Overview Collaborative Group. *N Engl J Med* 1999;341:476-84.
14. Belderbos JSA, *et al.* Phase 3 randomized trial of prophylactic cranial irradiation with or without hippocampus avoidance in SCLC (NCT01780675). *J Thorac Oncol* 2021;16:840-49.
15. Rodríguez de Dios N, *et al.* Randomized phase III trial of prophylactic cranial irradiation with or without hippocampal avoidance for small-cell lung cancer (PREMER): A GICOR-GOECF-SEOR Study. *J Clin Oncol* 2021;39:3118-27.
16. Diamond BH, *et al.* Consolidative thoracic radiation therapy after first-line chemotherapy and immunotherapy in extensive-stage small cell lung cancer: A multi-institutional case series. *Adv Radiat Oncol* 2022;7:100883.
17. Gross et al, Role of thoracic radiotherapy in extensive stage small cell lung cancer (ES-SCLC) in the immunotherapy era: a national hospital-based registry analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2021;111: e466 (ASTRO 2021)
18. Rusthoven CG, *et al.* Evaluation of first-line radiosurgery vs whole-brain radiotherapy for small cell lung cancer brain metastases: The FIRE-SCLC cohort study. *JAMA Oncol* 2020;6:1028-037c.
19. Qiu B, *et al.* Advances in radiobiology of stereotactic ablative radiotherapy. *Front Oncol* 2020;10:1165.
20. NCS (Netherlands Commission on Radiation Dosimetry). Process Management and Quality Assurance for Intracranial Stereotactic Treatment. Report 25. 2015.
21. Sahgal A, *et al.* The Canadian association of radiation oncology scope of practice guidelines for lung, liver and spine stereotactic body radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2012;24:629-39.
22. Kirkbride P, Cooper T. Stereotactic body radiotherapy. Guidelines for commissioners, providers and clinicians: a national report. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2011;23:163-4.
23. Benedict SH, *et al.* Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM Task Group 101. *Med Phys* 2010;37:4078-101.
24. Potters L, *et al.* American Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ASTRO) and American College of Radiology (ACR) practice guideline for the performance of stereotactic body radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:326-32.
25. Foote M, *et al.* Guidelines for safe practice of stereotactic body (ablative) radiation therapy. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2015;59:646-53.
26. Owen D, Sio TT. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) for central and ultracentral node-negative lung tumors. *J Thorac Dis* 2020;12:7024-31.
27. Chang JY, *et al.* Stereotactic ablative radiotherapy for centrally located early stage non-small-cell lung cancer: what we have learned. *J Thorac Oncol* 2015;10:577-85.
28. Timmerman R, *et al.* Excessive toxicity when treating central tumors in a phase II study of stereotactic body radiation therapy for medically inoperable early-stage lung cancer. *J Clin Oncol* 2006;24:4833-9.
29. Baker S, *et al.* A critical review of recent developments in radiotherapy for non-small cell lung cancer. *Radiat Oncol* 2016;11:115.
30. Barillot I, *et al.* Bases référentielles de la radiothérapie en conditions stéréotaxiques pour les tumeurs ou métastases bronchopulmonaires, hépatiques, prostatiques, des voies aérodigestives supérieures, cérébrales et osseuses. *Cancer/Radiothérapie* 2018;22:660-81.
31. Guckenberger M, *et al.* ESTRO ACROP consensus guideline on implementation and practice of stereotactic body radiotherapy for peripherally located early stage non-small cell lung cancer. *Radiother Oncol* 2017;124:11-17.
32. Videtic GMM, *et al.* Stereotactic body radiation therapy for early-stage non-small cell lung cancer: Executive Summary of an ASTRO Evidence-Based Guideline. *Pract Radiat Oncol* 2017;7:295-301.
33. Das IJ, *et al.* Quality and safety considerations in stereotactic radiosurgery and stereotactic body radiation therapy: an ASTRO safety white paper update. *Pract Radiat Oncol* 2022;12:e253-68.
34. Purdy JA. Current ICRU definitions of volumes: limitations and future directions. *Semin Radiat Oncol* 2004;14:27-40.
35. Keall PJ, *et al.* The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76. *Med Phys* 2006;33:3874-900.
36. SFPM. Gestion des mouvements internes en radiothérapie externe. Rapport n°38. Edition septembre 2020.
37. Darréon J, *et al.* Respiratory motion management for external radiotherapy treatment. *Cancer/Radiothérapie* 2022;7635:1-426.
38. Mohatt, D.J., *et al.* An investigation into the range dependence of target delineation strategies for stereotactic lung radiotherapy. *Radiat Oncol* 2017; 12:166.
39. De Rose F, *et al.* Organs at risk in lung SBRT. *Phys Med* 2017;44:131-38.
40. Noël G, Antoni D. Organs at risk radiation dose constraints. *Cancer Radiother* 2022;26:59-75.
41. Timmerman R. A story of hypofractionation and the table on the wall. *Int J Radiation Oncol Biol Phys* 2022;112:4-21.
42. Diez P, *et al.* UK 2022 consensus on normal tissue dose-volume constraints for oligometastatic, primary lung and hepatocellular carcinoma stereotactic ablative radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2022;34:288-300.
43. Kong FM, *et al.* Consideration of dose limits for organs at risk of thoracic radiotherapy: atlas for lung, proximal bronchial tree, esophagus, spinal cord, ribs, and brachial plexus. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011;81:1442-57.
44. Kong FS, *et al.* Organs at risk considerations for thoracic stereotactic body radiation therapy: what is safe for lung parenchyma? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2021;110:172-87 (HyTec RTOG)
45. Dahele M, *et al.* Radiological changes after stereotactic radiotherapy for stage I lung cancer. *J Thorac Oncol.* 2011;6:1221-8.
46. Lee K, *et al.* A systematic review into the radiologic features predicting local recurrence after stereotactic ablative body radiotherapy (SABR) in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC). *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2022;113:40-59.
47. Ma JT, *et al.* Chest wall toxicity after stereotactic body radiation therapy: A pooled analysis of 57 studies. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2019;103:843-50.



MASTER CLASS

Onco-radiothérapie

Une collection de brochures et vidéos de la MasterClass sont disponibles *via* la page web



Rendez-vous sur www.masterclassoncoradiotherapie.fr ou flashez ce QR code



Regardez les **6 vidéos associées** enregistrées lors de la MasterClass Nationale

STRATÉGIE THÉRAPEUTIQUE DANS LES CBPC DE STADE III : ACTUALITÉS & IMPACT EN PRATIQUE CLINIQUE

Stratégie thérapeutique dans les CBPC de stade III
Quelle Radiothérapie?

OPTIMISATION DE LA PRISE EN CHARGE DES CBPC LOCALISÉS ET ÉTENDUS

Optimisation de la prise en charge
Des CBPC localisés et étendus



Pr Sébastien THUREAU
Oncologue-Radiothérapeute
Centre Henri Becquerel, Rouen



Dr Paul LESUEUR
Oncologue-Radiothérapeute
Centre Guillaume Le conquérant, Le Havre

DÉFINITION-GÉNÉRALITÉS

Mise à niveau sur la RT stéréotaxique pulmonaire
RT Stéréotaxique
Définitions - Généralités

INDICATIONS & VOLUMES CIBLES

Mise à niveau sur la RT stéréotaxique pulmonaire
Indications & Volumes cibles



Dr Etienne MARTIN
Oncologue-Radiothérapeute
CGFL, Dijon

GESTION DES MOUVEMENTS

Mise à niveau sur la RT stéréotaxique pulmonaire
Gestion des mouvements
en RT stéréotaxique

CONTOURAGE & TOXICITÉ

Mise à niveau sur la RT stéréotaxique pulmonaire
Contourage & Toxicité



Dr Florent MARTINETTI
Physicien Médical
APHM, Marseille