

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOuat  
كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT Sciences de la Matière



## *Mémoire de Master*

Domaine : Sciences de la matière  
Discipline : physique  
Option : physique médicale

Par :  
BEN MOHAMED Abir

### THEME

---

# LA RADIOTHERAPIE GAMMA DES TUMEURS CEREBRALES

---

*Soutenu publiquement devant le jury composé de :*

*Mr Halit mohamd*

*M.C.A*

*résident*

*Mr Aissos Basma*

*M.A.A*

*xaminateur*

*Mr Ferhat Slimane*

*M.A.A*

*xaminateur*

*Mr Zerguini Hocine*

*M.A.A*

*apporteur*

**Année Universitaire 2017- 2018**



## Sommaire

Introduction générale .....	7
<b>Chapitre I: Cancérologie des tumeurs cérébrales .....</b>	<b>11</b>
I.1 Introduction .....	12
I.2 Définition d'un cancer du cerveau .....	12
I.3 Classification des tumeurs cérébrales .....	12
I.4 Fréquence des tumeurs cérébrales .....	13
I.5 Causes des tumeurs cérébrales .....	13
I.6 Symptômes et complications .....	14
I.7 Diagnostic d'un cancer du cerveau .....	14
I.7.1 Clinique .....	14
I.7.2 Imagerie .....	14
I.7.3 Biopsie et étude anatomo-pathologique .....	15
I.8 Prise en charge d'un cancer du cerveau .....	15
I.8.1 Chirurgie .....	15
I.8.2 Radiothérapie .....	16
I.8.3 Chimiothérapie .....	17
I.9 Effets secondaires de la radiothérapie .....	18
<b>Chapitre II: Planification d'un traitement en radiothérapie gamma</b>	
II.1 Introduction .....	20
II.2 Examens utiles pour préparer la radiothérapie .....	20
II.3 Choix des volumes et des doses .....	21
II.3.1 Définit les volumes à irradier .....	21
II.3.1.1 Le volume tumoral brut ou GTV .....	21
II.3.1.2 Volume cible clinique ou CTV .....	21
II.3.1.3 Volume cible interne (ITV) .....	22
II.3.1.4 Le volume planifié ou PTV .....	22
II.3.2 Prescrit les doses aux points ICRU et aux différents volumes, décide du fractionnement et de la durée du traitement .....	22
II.3.3 Détermine les organes à risque (OAR) et leurs contraintes de dose .....	22
II.4 Techniques de traitement .....	23
II.5 Simulation de traitement .....	24
II.5.1 Positionnement et immobilisation du patient .....	24

II.5.2 Simulation conventionnelle.....	25
II.5.2.1 CT-Simulateur .....	26
II.5.2.2 Détermination de la géométrie du faisceau de traitement .....	26
II.5.3 Simulation virtuelle .....	27
II.5.3.1 Radiographies reconstruites numériquement .....	27
II.5.3.2 Vue de l'œil du faisceau ou BEV .....	27
II.5.3.3 Procédure de simulation virtuelle .....	28
II.5.4. Acquisition des données du patient.....	28
II.6 Étude balistique et dosimétrique avec mise en place des faisceaux d'irradiation .....	29
II.7 Etude dosimétrique et représentation graphique des doses .....	29
II.8 Déroulement et contrôle du traitement .....	29
II.9 Compte rendu de fin de traitement. Bilan. Archivage .....	30

### **Chapitre III: Application aux tumeurs cérébrales**

III.1 Introduction .....	33
III.2 Positionnement et immobilisation du patient .....	33
III.3 Imagerie de haute qualité .....	33
III.4 Définition des volumes cibles .....	34
III.5 Tolérance tissulaire normale à la radiothérapie .....	34
III.6 Traitement des différents types de tumeurs cérébrales (radical/palliatif)	
III.6.1 Gliome de haut grade .....	36
III.6.1.1 Traitement radical .....	36
III.6.1.2 Traitement palliatif .....	38
III.6.2 Gliome de bas grade .....	39
III.6.2.1 Traitement radical .....	39
III.6.3 Ependymome ( Intracranial ) .....	40
III.6.4 Lymphome primaire du SNC .....	41
III.6.4.1 Traitement radical .....	41
III.6.4.1.1 Maladie unifocale localisée .....	41
III.6.4.1.2 Maladie multifocale .....	41
III.6.4.2 Radiothérapie palliative .....	42
III.6.5 Germinomes .....	42
III.6.6 Medulloblastome .....	43
III.6.7 Meningiome .....	43

III.6.8 Tumeur pituitaires .....	46
III.6.9 Craniopharyngiome .....	49
III.6.10 Vestibulaire ( Acoustique ) .....	50
III.6.11 Chordome et Chondrosarcome de la base de crâne .....	52
III.6.12 Tumeurs primitives de la moelle épinière .....	53
III.6.12.1 Traitement radical .....	53
III.6.12.2 Traitement palliatif .....	55
III.6.13 Métastases cérébrales .....	55
III.6.13.1 Traitement de la radiothérapie palliative .....	55
III.6.13.2 Radiochirurgie stéréotaxique palliative (SRS ) .....	56
Conclusion .....	58

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

3D : Trois Dimensions

COM: Concertation oncologique multidisciplinaire

CT : Computer Tomographie

CTV: Clinical Target Volume

DRR: Radiographie reconstruite numérique

GBM: Glioblastoma multiforme

GTV: Gross Tumor Volume

Gy: Gray

HGG: High-grade gliomas

ICRU: International Commission on Radiation Units and Measurements

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

ITV: Internal Target Volume

LCR: Liquide céphalorachidien

LGG: Low grade gliomas

LiF: Fluorure de lithium

MeV: Mega Electro Volt

MPR: Reconstruction multi-planaire

MV: Méga voltage

OAR: Organe à risque

PET : Positron Emission Tomographie

PPS : Plan Personnalisé de Soins

PTV: Planning Target Volume

RC3D: Radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle

RCMI: Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité

RCP : Réunion de concertation pluridisciplinaire

RCS ou SRS: Radiochirurgie stéréotaxique

RT: Radiothérapie

SNC: Système nerveux central

SSD : Distance Source Surface

TDM: Tomodensitométrie

TLD: Dosimétrie thermoluminescente

TPS: Treatment Planning System

## **LISTE DES FIGURES**

**FIGURE 1:** Schéma des parties principales du cerveau.

**FIGURE 2:** Représentation graphique des volumes d'intérêt, tels que définis par les rapports ICRU 50 et 62.

**FIGURE 3:** Masques en plastiques thermoformés utilisés pour l'immobilisation de la tête du patient.

**FIGURE 4:** Un simulateur dédié CT de radiothérapie. Notez le plateau plat et le grand alésage.

**FIGURE 5:** Une radiographie reconstruite numériquement (DRR). Notez que les niveaux de gris, la luminosité et le contraste peut être ajusté pour fournir une image optimale.

**FIGURE 6:** Schéma simplifié du déroulement d'une radiothérapie.

## Introduction générale

On parle indifféremment de tumeurs cérébrales, de tumeurs du cerveau, de tumeurs intracrâniennes ou du système nerveux central (SNC) pour désigner les tumeurs qui se développent à l'intérieur du crâne. Les tumeurs cérébrales sont des masses de cellules qui progressent rapidement, de façon incontrôlée, dans le cerveau. Elles sont de deux types :

- les tumeurs primitives naissent dans le cerveau. On distingue les tumeurs bénignes (deux tiers des cas de tumeurs primitives), composées de cellules non cancéreuses, et les tumeurs malignes, constituées de cellules cancéreuses. Qu'elles soient bénignes ou malignes, les tumeurs primaires peuvent entraîner des symptômes sérieux en particulier lorsqu'elles sont situées dans des zones fonctionnelles clés du cerveau. <sup>[1]</sup>

- les tumeurs secondaires sont des métastases d'un cancer préexistant. Elles naissent lorsque des cellules d'une tumeur initiale située hors de l'encéphale parviennent à migrer, via la circulation sanguine, vers le tissu cérébral. Certains cancers au stade avancé sont fréquemment associés au développement de métastases cérébrales : les cancers du poumon, de la peau, du rein ou du sein. Les cancers du cerveau secondaires ne sont pas abordés dans cette brochure.

Il existe plus de 200 tumeurs primitives du cerveau différentes. Chacune porte un nom spécifique selon le type de cellule atteint, sa localisation et son degré d'agressivité. Les tumeurs sont également caractérisées en fonction de la manière dont elles évoluent au sein du tissu cérébral : on parle de tumeur non infiltrante ou circonscrite lorsque ses bords sont bien nets et de tumeur infiltrante lorsqu'il est difficile de distinguer la frontière entre la tumeur et le tissu sain. Cette caractéristique est importante car elle intervient sur le choix des traitements à mettre en œuvre. <sup>[1]</sup>

La radiothérapie est l'un des traitements les plus utilisés dans la prise en charge des tumeurs cérébrales primitives. Elle utilise des rayons ionisants dont la forte énergie permet de tuer les cellules cancéreuses. Ces rayonnements sont focalisés sur la tumeur afin de concentrer leur énergie sur les cellules tumorales et de limiter leur impact sur les tissus sains voisins. Cependant, les cellules saines environnant la tumeur peuvent être touchées et leur altération peut engendrer des effets secondaires transitoires. La radiothérapie est souvent utilisée après la chirurgie, seule ou en association avec la chimiothérapie. Elle peut également être envisagée sans chirurgie, seule ou en association avec une chimiothérapie. Dans tous les cas, sa mise en œuvre comprend plusieurs étapes dont l'ensemble porte le nom de plan de traitement. Un scanner ou une IRM préparatoire est d'abord programmé. Cet examen permet au radiothérapeute de définir très précisément la façon dont l'appareil de radiothérapie devra être utilisé et positionné lors des

séances de traitement et de calculer la dose totale et le nombre de séances à prévoir (le schéma d'irradiation) pour détruire la tumeur tout en préservant au mieux les zones saines. Entre cet examen préparatoire et les différentes séances de radiothérapie, la position du patient doit être scrupuleusement identique. Pour cela, un point de marquage (tatouage ou marqueur) peut servir de repère. Un masque de contention, une fois placé sur la tête, aide le patient à être parfaitement immobile lors des différentes séances. <sup>[1]</sup>

Il existe différentes techniques de radiothérapie utilisée pour délivrer le rayonnement de façon la plus précise possible au niveau du tissu tumoral :

- la radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle est la technique la plus utilisée aujourd'hui dans le traitement des tumeurs cérébrales. Elle permet d'optimiser la dose à administrer en calculant précisément la façon de positionner le faisceau de rayons sur le volume à traiter. Elle utilise pour cela les images en 3D qui ont été obtenues par scanner et/ou IRM.
- la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité repose sur le même principe que la radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle. La différence réside en la capacité de l'appareil à moduler l'intensité du faisceau administré au cours d'une même séance selon la zone traitée de la tumeur.
- la radiothérapie en conditions stéréotaxiques est une méthode récente qui permet surtout de traiter les petites tumeurs bien délimitées, notamment lorsqu'elles sont difficiles d'accès par chirurgie. Elle utilise des faisceaux de rayons convergents qui irradient la tumeur avec une précision millimétrique. Elle peut ainsi concentrer une dose suffisante sur la masse tumorale en vue de la détruire. Lorsqu'une seule séance suffit on parle aussi de « radiochirurgie », l'irradiation remplaçant le geste chirurgical. Pour certaines tumeurs, ce traitement est réalisé en plusieurs séances : on parle de radiothérapie en conditions stéréotaxiques hypofractionnée. Pour garantir la précision du rayonnement, la tête du patient est maintenue dans un cadre de stéréotaxie. <sup>[1]</sup>

En pratique

Le schéma d'irradiation le plus utilisé actuellement est appelé « schéma en fractionnement classique » : il comprend une séance quotidienne tous les jours de la semaine sauf le week-end et les jours fériés. Le nombre de semaines de traitement dépend de la dose totale à délivrer, qui dépend du type de tumeur cérébrale. La durée quotidienne d'une séance classique est de 10 à 15 minutes. L'irradiation elle-même ne dure que quelques minutes, la majeure partie de la séance étant réservée au contrôle de la position de traitement. Plus rarement, une séance unique de radiothérapie ou quelques séances (de 3 à 10) réparties sur une ou deux semaines peuvent être proposées pour de petites tumeurs en rechute, par exemple. <sup>[1]</sup>

Effets secondaires.

Certains effets secondaires peuvent apparaître lors d'une irradiation cérébrale. La dose de rayons, la technique de radiothérapie utilisée, l'emplacement de la tumeur influencent la survenue de ces effets. Un œdème cérébral peut survenir au bout de quelques semaines après le début du traitement. Il n'entraîne pas toujours de symptômes, mais lorsque c'est le cas, des céphalées, des nausées et/ou de la fatigue peuvent survenir. <sup>[1]</sup>

Parfois, la radiothérapie majore les symptômes préexistants liés à la tumeur. Une corticothérapie (voir « Vivre avec et après la maladie ») est prescrite pour faire disparaître l'œdème et les symptômes qui lui sont liés. Le second effet secondaire fréquemment rencontré après une irradiation est l'alopecie (chute des cheveux). Elle est localisée au niveau des zones sur lesquelles sont orientés les rayons. Elle peut survenir au bout de 2 à 3 semaines. Son importance dépend de la dose délivrée par chaque faisceau. Elle peut être définitive ou non, selon la dose délivrée et la zone irradiée. La radiothérapie cérébrale peut provoquer d'autres effets secondaires qui peuvent être transitoires ou persister à long terme : crises d'épilepsie, réaction cutanée, somnolence, perturbation des fonctions cognitives... Leur survenue et leur intensité dépend du type de tumeur, de sa localisation et du profil du patient. La plupart du temps, des traitements peuvent être proposés pour soulager ou réduire ces effets. <sup>[1]</sup>

# **Chapitre I**

## **CANCEROLOGIE DES TUMEURS CEREBRALES**

## I.1 Introduction:

Le cerveau est la partie principale de l'encéphale, qui comprend aussi le cervelet et le tronc cérébral. Protégé par la boîte crânienne, il est composé de deux hémisphères et d'une zone appelée diencéphale. Il ne représente que 2 % du poids du corps, mais les centaines de milliards de cellules qui le composent sont le siège des fonctions intellectuelles et sensibles. Il est entouré de 3 membranes protectrices appelées méninge. <sup>[2]</sup>

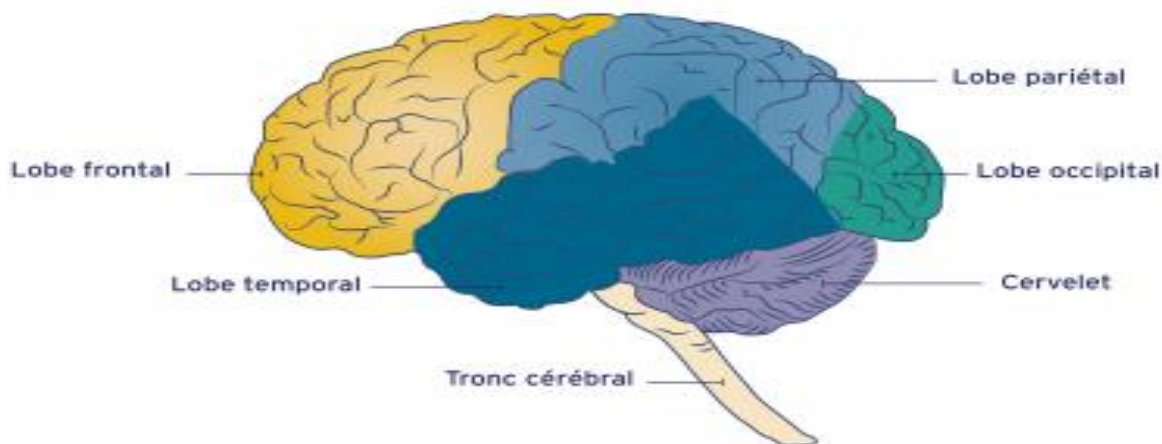


Schéma des parties principales du cerveau

**Fig.1** Schéma des parties principales du cerveau <sup>[2]</sup>

## I.2 Définition d'un cancer du cerveau

Les tumeurs dites cérébrales trouvent leur origine dans le cerveau. On les appelle « tumeurs primitives ». Par facilité, nous utiliseront cependant le singulier 'cancer du cerveau' ou 'tumeur du cerveau'. Il existe de nombreuses sortes de tumeurs du cerveau, qu'elles soient bénignes ou cancéreuses. Les tumeurs varient en fonction des cellules en cause et du degré d'assertivité (grade) de la lésion. <sup>[2]</sup>

## I.3 Classification des tumeurs cérébrales :

### Tumeur primitive

- ✓ Tumeurs gliales

Les tumeurs les plus courantes dérivent des cellules gliales, qui entourent les cellules nerveuses.

Nous distinguons différentes catégories de tumeurs gliales (gliomes), telles que les:

- Astrocytomes
- Glioblastomes
- Oligodendrogliomes
- Ependymomes

### ✓ Autres tumeurs cérébrales

Les autres tumeurs cérébrales ne sont pas issues des cellules gliales. Elles trouvent leur origine dans de différents tissus, telles que les:

- Médulloblastome
- Méningiomes
- Schwannomes
- Craniopharyngiomes

### **Cancer métastatique**

Le cerveau peut également être envahi par des métastases (colonies de cellules cancéreuses) dont le point de départ se situe dans un cancer qui se développe dans un autre organe (cancer du sein ou du poumon, par exemple). Dans ce cas, il ne s'agit pas de tumeurs cérébrales. Le traitement de ces métastases dépend du cancer qui leur a donné naissance.

Chez les enfants, la plupart des cancers cérébrales sont primitives. Chez les adultes, par contre, il s'agit de métastases dans la majorité des cas. Nous n'aborderons ici que les tumeurs primitives du cerveau. <sup>[2]</sup>

## **I.4 Fréquence des tumeurs cérébrales**

Tous les types de tumeurs cérébrales confondues, le Registre national du Cancer recense près de 800 nouveaux cas de cancer du cerveau par an en Algérie. La fréquence de ces pathologies augmente avec l'âge. Malgré le nombre limité de cas, les tumeurs cérébrales arrivent toutefois en seconde position des cancers les plus fréquents chez les enfants, après les leucémies. <sup>[2]</sup>

## **I.5 Causes des tumeurs cérébrales**

La cause exacte du cancer reste inconnue. On appelle tumeur cérébrale primitive un cancer du cerveau qui prend naissance dans le cerveau même. Il peut se propager aux régions avoisinantes du cerveau et les détruire. Un cancer du sein, du poumon, de la peau, ou des cellules sanguines (leucémie ou lymphome) peut également se propager (former des métastases) au cerveau, provoquant un cancer du cerveau métastatique. Ces groupes de cellules cancéreuses peuvent alors se multiplier dans une région unique ou dans plusieurs parties du cerveau. Parmi les facteurs de risque connus du cancer du cerveau, on retrouve :

Des antécédents de radiation à la tête. Une immunosuppression (par ex. les personnes qui prennent des médicaments qui affaiblissent le système immunitaire, les personnes atteintes du VIH, sida). Une exposition au chlorure de vinyle (un produit chimique utilisé pour la fabrication des plastiques). <sup>[7]</sup>

## **I.6 Symptômes et complications**

Le cancer du cerveau entraîne des symptômes lorsqu'il exerce une pression sur le cerveau ou qu'il détruit du tissu cérébral. Les symptômes dépendent de la taille et de l'emplacement de la tumeur, ainsi que de la vitesse à laquelle elle se multiplie. Bien que des maux de tête soient souvent un symptôme du cancer du cerveau, il est important de se rappeler que la plupart des maux de tête ne sont pas provoqués par le cancer mais sont causés par des affections moins sérieuses comme la migraine ou de la tension. Les maux de tête provoqués par une tumeur cérébrale sont souvent intenses, associés à des nausées et des vomissements et sont souvent plus intenses en début de journée. Ils peuvent durer longtemps ou bien survenir par intermittence. Les autres symptômes incluent : <sup>[7]</sup>

- des étourdissements;
- des troubles de la vision comme une vision double;
- des troubles de la coordination;
- une faiblesse ou un engourdissement d'un côté du corps;
- des crises convulsives;
- des changements de l'humeur, des sens, de la personnalité ou des sentiments;
- des troubles de la mémoire;
- un état de confusion ou des difficultés de concentration

## **I.7 Diagnostic d'un cancer du cerveau**

Les symptômes n'étant pas spécifiques, plusieurs examens sont nécessaires pour poser un diagnostic.

### **I.7.1 Clinique**

Le médecin interroge le patient : il récapitule avec lui son histoire médicale, ses antécédents familiaux et les signes cliniques qui pourraient faire suspecter une tumeur au niveau du cerveau. Ensuite, il pratique un examen clinique. Il vérifie les fonctions intellectuelles, le langage, la qualité de l'ouïe, de la vision, du toucher, de la force des membres, la coordination des gestes, des réflexes, de l'équilibre.... Il insiste plus particulièrement sur les fonctions affectées par les symptômes ressentis par le patient. <sup>[2]</sup>

### **I.7.2 Imagerie**

Deux examens d'imagerie sont susceptibles d'être utilisés :

- en première intention, un scanner (ou tomographie - TDM). Il est efficace pour repérer 80 % des tumeurs.

-l'imagerie par résonance magnétique (IRM) permet d'identifier les tumeurs qui n'auraient pas été repérées sur les images du scanner. Cet examen est plus sensible et tend à remplacer progressivement le scanner en première intention. <sup>[2]</sup>

### **I.7.3 Biopsie et étude anatomo-pathologique**

Une ponction lombaire doit parfois être réalisée pour préciser le diagnostic. <sup>[2]</sup>

### **I.7.4 La biopsie**

La biopsie est le geste qui permet de confirmer le diagnostic avec certitude. Il s'agit de prélever un échantillon de tissu de la tumeur. Elle peut être réalisée selon deux techniques : par stéréotaxie ou par craniotomie. <sup>[2]</sup>

## **I.8 La prise en charge d'un cancer du cerveau**

La prise en charge d'un cancer du cerveau nécessite une équipe pluridisciplinaire (neurochirurgien, radiothérapeute, oncologue). En fonction du type de tumeur, de sa taille et de sa localisation, différents traitements peuvent être envisagés : chirurgie, radiothérapie, chimiothérapie, thérapies ciblées, administration de corticoïdes,...

Par ailleurs, la stratégie thérapeutique n'est jamais décidée par un seul médecin. Chaque malade chez qui l'on découvre un cancer du cerveau doit faire l'objet d'une Concertation Oncologique Multidisciplinaire (COM), où sont réunis des médecins des différentes disciplines. Le choix du traitement est le fruit de cette COM. Chaque traitement est donc individualisé. Les tumeurs de bas grade (peu agressives) peuvent être traitées par chirurgie seule, si l'opération permet l'enlèvement de toute la tumeur. Si ce n'est pas le cas, des traitements complémentaires (radiothérapie, chimiothérapie) peuvent être indiqués. Face aux tumeurs plus agressives, le traitement commence habituellement par la chirurgie, suivie de radiothérapie et de chimiothérapie. <sup>[3]</sup>

### **I.8.1 Chirurgie**

La chirurgie peut avoir différentes visées :

- Diagnostiquer le type de tumeur cérébrale par la prise d'une biopsie.
- Retirer entièrement la tumeur, dans un but curatif.

Retirer un maximum de la tumeur afin de ralentir sa progression et d'améliorer les symptômes.

Retirer un maximum de la tumeur afin que d'autres traitements ultérieurs soient plus efficaces (radiothérapie, chimiothérapie). Placer un drain pour faire diminuer la pression intracrânienne.

La chirurgie est le traitement de référence des tumeurs cérébrales, qu'elles soient bénignes ou malignes. Elle est envisagée dans les cas où la localisation de la tumeur le permet. <sup>[3]</sup>

## **I.8.2 Radiothérapie**

La radiothérapie est l'un des traitements les plus utilisés dans la prise en charge des tumeurs cérébrales primitives. On administre la radiothérapie pour différentes raisons. Vous pouvez recevoir une radiothérapie :

Comme traitement principal pour détruire les cellules tumorales si la chirurgie n'est pas possible et si les médicaments ne sont pas efficaces.

- Pour détruire les cellules tumorales qui restent après la chirurgie afin de réduire le risque de réapparition (récidive) de la tumeur (traitement adjuvant).
- Pour traiter une tumeur au cerveau qui récidive.
- Pour prévenir ou soulager les symptômes causés par la tumeur au cerveau.

Dans tous les cas, sa mise en œuvre comprend plusieurs étapes dont l'ensemble porte le nom de plan de traitement. <sup>[3]</sup>

Une TDM ou une IRM préparatoire est d'abord programmé. Cet examen permet au radiothérapeute de définir très précisément la façon dont l'appareil de radiothérapie devra être utilisé et positionné lors des séances de traitement et de calculer la dose totale et le nombre de séances à prévoir (le schéma d'irradiation) pour détruire la tumeur tout en préservant au mieux les zones saines. Entre cet examen préparatoire et les différentes séances de radiothérapie, la position du patient doit être scrupuleusement identique. Pour cela, un point de marquage (tatouage ou marqueur) peut servir de repère. Un masque de contention, une fois placé sur la tête, aide le patient à être parfaitement immobile lors des différentes séances. en radiothérapie, on a recours à des rayons ionisants dont la forte énergie permet de tuer les cellules cancéreuses. Ces rayonnements sont focalisés sur la tumeur afin de concentrer leur énergie sur les cellules tumorales et de limiter leur impact sur les tissus sains voisins. Cependant, les cellules saines environnant la tumeur peuvent être touchées et leur altération peut engendrer des effets secondaires transitoires. Il existe différentes techniques de radiothérapie utilisées pour délivrer le rayonnement de façon la plus précise possible au niveau du tissu tumoral : <sup>[3]</sup>

### **I .8.2.1 Radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle (RC 3D)**

En RC 3D, le radio-oncologue a recours à la tomодensitométrie (TDM) ou à l'imagerie par résonance magnétique (IRM) pour cartographier l'emplacement et la forme exacts de la tumeur. Plusieurs faisceaux de rayonnement sont ensuite modelés et visent la tumeur en provenance de différentes directions afin de la traiter de tous les angles.

### **I.8.2.2 Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI)**

La RCMI est un type de radiothérapie conformationnelle. En plus de modeler et de diriger les faisceaux de rayonnement, on peut aussi ajuster la force (intensité) des faisceaux. Cela réduit la

dose de radiation qui atteint les régions sensibles du cerveau, comme le nerf optique, le tronc cérébral et l'hypophyse, tout en permettant à la tumeur de recevoir une dose plus élevée.

### **I.8.2.3 Protonthérapie conformationnelle**

La protonthérapie ressemble à la RC 3D sauf qu'elle a recours à des faisceaux de protons plutôt que de rayonnement. Les faisceaux de rayonnement libèrent de l'énergie avant et après avoir atteint leur cible. Les faisceaux de protons sont différents puisqu'ils libèrent la plus grande partie de leur énergie après avoir circulé une certaine distance et qu'ils causent très peu de dommages aux tissus qu'ils traversent. On peut ainsi administrer plus de radiation à la tumeur.

### **I.8.2.4 Radiothérapie stéréotaxique**

La radiothérapie stéréotaxique permet d'administrer une radiothérapie externe en doses très précises à la tumeur et au tissu voisin. On a recours à la TDM et à l'IRM pour créer des images à 3 dimensions de la tumeur et du tissu cérébral normal qui l'entoure. Ces données servent à déterminer où la radiation sera dirigée (champ de traitement). Un programme d'ordinateur spécialisé guide l'administration de la radiation vers la tumeur. La radiochirurgie stéréotaxique (RCS) émet une seule dose élevée de radiation vers la tumeur (fraction unique). Ce traitement ne comporte pas de chirurgie puisqu'on ne fait pas d'incision et qu'on n'enlève pas de tissu par intervention chirurgicale. On peut avoir recours à la RCS pour traiter les petites tumeurs qui mesurent moins de 4 cm. On s'en sert aussi parfois pour les petites tumeurs qui ont déjà reçu une radiothérapie. La radiothérapie stéréotaxique fractionnée ressemble à la RCS sauf qu'on a recours à de plus faibles doses de radiation qu'on administre en plusieurs séances appelées fractions multiples jusqu'à ce qu'on atteigne la dose totale. Ce traitement est aussi appelé radiochirurgie fractionnée. La radiothérapie stéréotaxique peut être administrée par un appareil mobile qui émet des radiations et qu'on appelle accélérateur linéaire ou par de l'équipement spécialisé, comme le cyberbistouri (CyberKnife) ou le scalpel gamma.

### **I.8.2.5 Irradiation encéphalique et spinale totale (radiothérapie craniospinale)**

Si la tumeur cérébrale s'est propagée aux méninges ou à la moelle épinière, on pourrait administrer une radiothérapie au cerveau en entier et à toute la moelle épinière. Certains types de tumeur, comme le médulloblastome, se propage souvent de cette manière et pourraient nécessiter une radiothérapie craniospinale plus souvent que d'autres types de tumeur. On administre parfois une radiothérapie craniospinale pour empêcher la propagation d'une tumeur dans le cerveau et la moelle épinière (radiothérapie craniospinale prophylactique).

## **I.8.3 Chimiothérapie**

Une chimiothérapie peut être prescrite dans les situations suivantes: <sup>[3]</sup>

- Après la chirurgie pour certains types de tumeurs cérébrales, afin de diminuer le risque de récurrence.

- Pendant ou après la radiothérapie afin d'augmenter l'efficacité du traitement.
- En cas de récurrence d'une tumeur cérébrale.

## **I.9 Effets secondaires de la radiothérapie**

Peu importe le traitement des tumeurs au cerveau et à la moelle épinière, il est possible que des effets secondaires se produisent, mais chaque personne les ressent différemment. Certaines en ont beaucoup alors que d'autres en éprouvent peu ou pas du tout. Lors des séances de radiothérapie, l'équipe de soins protège le plus possible les cellules saines qui se trouvent dans la zone de traitement. Mais il est possible que les cellules saines soient endommagées et qu'elles provoquent ainsi des effets secondaires. Si des effets secondaires se manifestent, ils peuvent le faire n'importe quand pendant la radiothérapie, tout de suite après ou quelques jours voire quelques semaines plus tard. Il arrive que des effets secondaires apparaissent des mois ou des années à la suite de la radiothérapie (effets tardifs). La plupart disparaissent d'eux-mêmes ou peuvent être traités, mais certains risquent de durer longtemps ou d'être permanents. Les effets secondaires de la radiothérapie dépendent surtout de la taille de la région traitée, de la région ou des organes spécifiques traités, de la dose totale et du mode d'administration. Voici certains effets secondaires fréquents de la radiothérapie pour les tumeurs au cerveau et à la moelle épinière: <sup>[3]</sup>

- fatigue
- nausées et vomissements
- problèmes de peau
- irritabilité
- perte de mémoire
- difficulté à se concentrer
- changements de la personnalité
- maux de tête.

# **Chapitre II**

## **PLANIFICATION D'UN TRAITEMENT EN RADIOTHERAPIE GAMMA**

## II.1 Introduction

L'indication de la radiothérapie a été posée conformément aux bonnes pratiques cliniques, notamment dans le cadre d'une réunion de concertation pluridisciplinaire (RCP), avec remise d'un plan personnalisé de soins (PPS) aux patients avant la mise en traitement. L'oncologue radiothérapeute qui prend en charge et informe le patient met en œuvre cette radiothérapie : il assure la définition des volumes d'intérêt, la prescription des doses, coordonne et dirige l'ensemble du traitement en liaison avec le radiophysicien et les autres membres de l'équipe soignante de radiothérapie. De nos jours, la radiothérapie est devenue conformationnelle : les faisceaux sont systématiquement conformés aux contours des tumeurs grâce à l'utilisation conjointe du scanner pour l'obtention des données anatomiques en position de traitement, des TPS pour recueillir ces données en assistant le médecin dans la préparation d'une balistique optimale et du collimateur multilames pour délimiter l'irradiation au strict minimum. Cette procédure traite de l'irradiation exclusive ou postopératoire d'une tumeur cérébrale gliale. <sup>[5]</sup>

## II.2 Examens utiles pour préparer la radiothérapie

Le dossier du patient comprend habituellement : <sup>[5]</sup>

- L'observation médicale :
  - Interrogatoire :
    - antécédents médicaux, comorbidités
    - habitudes (alcool, tabac....)
    - histoire de la maladie
    - traitements en cours.
  - Examen clinique complet, avec examen neurologique.
- Les comptes rendus du bilan d'imagerie permettant de mieux préciser l'extension tumorale (scanographe, IRM avec séquence T1 sans et avec injection de gadolinium, T2 et Flair...). Ces données doivent être récentes.
- Bilan biologique récent.
- Le compte rendu anatomopathologique des prélèvements biopsiques de la tumeur et, en cas de chirurgie, le compte rendu de l'intervention chirurgicale assorti du compte rendu anatomopathologique, sauf contre indication.
- Le stade tumoral, avec si possible avec un schéma daté.
- Le compte rendu de concertation pluridisciplinaire.

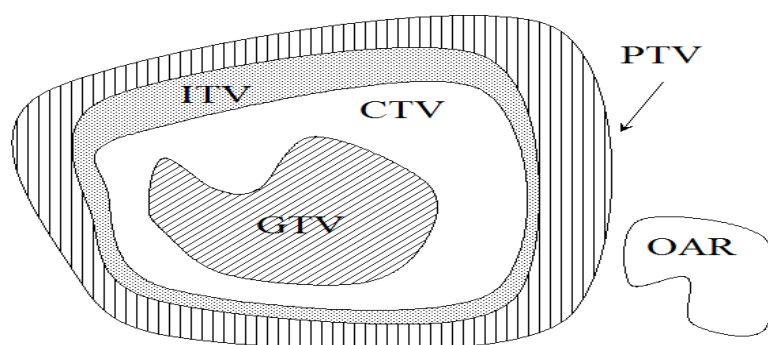
## II.3 Choix des volumes et des doses

L'oncologue radiothérapeute :

### II.3.1 Définit les volumes à irradier

A partir des images médicales, les médecins et les physiciens médicaux délimitent les volumes cibles à traiter et les organes à risques à protéger. Le radiothérapeute dessine sur les différentes coupes d'images scanné du patient, l'ensemble des structures saines à protéger ainsi que les différents volumes à irradier. Ces notions de volumes ont été données dans les rapports N°50 et 62 de l'ICRU [ICRU-50, 1993] qui distingue :<sup>[9]</sup>

volume tumoral brut, volume cible clinique, volume cible interne et planification volume cible.



**Figure2:** Représentation graphique des volumes d'intérêt, tels que définis par les rapports ICRU 50 et 62.

**II.3.1.1 Le volume tumoral brut ou GTV (Gross Tumor Volume):** Il correspond à la tumeur et aux tissus envahis macroscopiquement par du tissu cancéreux ; ils sont visibles à l'examen clinique, endoscopique ou grâce aux techniques d'imagerie.<sup>[9]</sup>

**Pour les gliomes de faible qualité:**

La tumeur grossière (GTV) est définie comme le signal haut visible sur FLAIR ou T2W IRM, ce qui équivaut à une faible densité sur scanographie. Ce volume est souvent très grand.<sup>[6]</sup>

**Pour les gliomes de grande qualité:**

La tumeur brute (GTV) est définie comme le bord visible de contraste de la tumeur, montré le plus clairement à l'IRM, en utilisant T1W avec contraste de gadolinium. Le GTV est étendu isotropiquement pour atteindre le CTV.<sup>[6]</sup>

**II.3.1.2 Volume cible clinique ou CTV (Clinical Target Volume) :** Correspond au volume tumoral ou à son « lit d'exérèse », additionné des tissus à forte probabilité d'envahissement infra clinique. Ces volumes peuvent être continus (tissus de proximité) ou discontinus (territoire ganglionnaire) ; ils sont déterminés directement grâce à la connaissance des différents cancers, à leur type histologique et leur « capacité » à l'extension ou la dissémination.<sup>[9]</sup>

### Pour les gliomes de grande qualité:

En raison de la nature infiltrante des HGG, une grande marge CTV est nécessaire. Typiquement, une technique en deux phases est utilisée, avec une marge de 2,5 cm pour la phase 1 et 1,5 cm de marge pour phase 2. Le CTV ne doit pas s'étendre au-delà de la table interne du crâne, qui est mieux montré sur TDM. Chaque CTV est étendu isotropiquement à son PTV avec une marge appropriée, spécifique à la technique dans chaque département. Une marge de 0,5 cm est commune. <sup>[6]</sup>

### Pour les gliomes de faible qualité:

Une marge CTV d'environ 1,5 cm peut être utilisée, plus petit que pour HGG, et le traitement effectué en une seule phase. <sup>[6]</sup>

#### II.3.1.3 Volume cible interne (ITV)

- Se compose de la CTV plus une marge interne.
- La marge interne est conçue pour prendre en compte les variations de taille et position du CTV par rapport au cadre de référence du patient (généralement défini par l'anatomie osseuse) (ICRU 62). <sup>[9]</sup>

#### II.3.1.4 Le volume planifié ou PTV (Planning Target Volume) :

Correspond au volume clinique augmenté d'une marge dite « de sécurité ». Le principe de la marge de sécurité est d'intégrer la difficulté à positionner, de manière précise et reproductible le volume dans le faisceau. En fait, il faut prendre en compte les mouvements des organes pendant la séance (respiration) ainsi que les imprécisions, liées aux aléas de la technique et de la balistique. <sup>[9]</sup>

#### II.3.2 Prescrit les doses aux points ICRU et aux différents volumes, décide du fractionnement et de la durée du traitement

- Doses habituelles : <sup>[5]</sup>
  - Tumeurs de bas grade : 45 à 54 Gy.
  - Tumeurs de haut grade 54 à 60 Gy.
- Fractionnement et étalement habituels :
  - 1,8 à 2 Gy par séance.
  - séances par semaine.

#### II.3.3 Détermine les organes à risque (OAR) et leurs contraintes de dose

Un organe à risque est un organe dont la sensibilité aux rayonnements est telle que la dose reçue d'un plan de traitement peut être significative par rapport à sa tolérance, ce qui peut nécessiter un changement dans l'arrangement des faisceaux ou une modification de la dose. <sup>[5]</sup>

- Encéphale sain :
  - Dose maximale de 60 Gy si irradiation partielle de l'encéphale.
  - Dose maximale de 45 Gy si irradiation de l'encéphale en totalité.
- Tronc cérébral :
  - Dose maximale de 50 Gy.
  - Sur un volume très limité, la dose pourra atteindre 55 Gy.
- Nerf optique, Chiasma :
  - Dose maximale de 54 Gy.
- Hypophyse et l'hypothalamus :
  - Dose aussi faible que possible.
- . Moelle épinière :
  - Dose maximale de 45 Gy en fractionnement habituel.
  - Dans certains cas, cette dose pourra être dépassée sur un petit volume sous réserve d'une dosimétrie en 3D avec contourage de la moelle, histogramme dose- volume et contrôle du positionnement.
- Œil :
  - Dose moyenne < 35 Gy.
- Cristallin:
  - Dose la plus basse possible.
- Conduit auditif, oreille moyenne et interne :
  - Dose maximale de 50-55 Gy.
- Lobes temporaux :
  - Dose aussi faible que possible.
- La glande lacrymale:
  - Dose maximale de 20 Gy
- Thyroïde :
  - Organe à contourer et dose à documenter pour le suivi à long terme du patient.

## II.4 Techniques de traitement

Le patient et éventuellement ses proches sont informés des différents temps de préparation et de réalisation du traitement. Les personnes qui le prendront en charge lui sont présentées. Une information adaptée est fournie concernant la justification du traitement et ses effets secondaires attendus immédiats et différés.<sup>[5]</sup>

**la radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle (RC3D):**est la technique la plus utilisée aujourd'hui dans le traitement des tumeurs cérébrales. Elle permet d'optimiser la dose à

administrer en calculant précisément la façon de positionner le faisceau de rayons sur le volume à traiter. Elle utilise pour cela les images en 3D qui ont été obtenues par scanner et/ou IRM. <sup>[5]</sup>

## **II.5 Simulation de traitement**

La simulation du patient a été initialement développée pour s'assurer que les faisceaux utilisés pour le traitement ont été correctement choisis et correctement dirigés vers la cible visée. Actuellement, la simulation de traitement a un rôle plus étendu dans le traitement des patients comprenant:

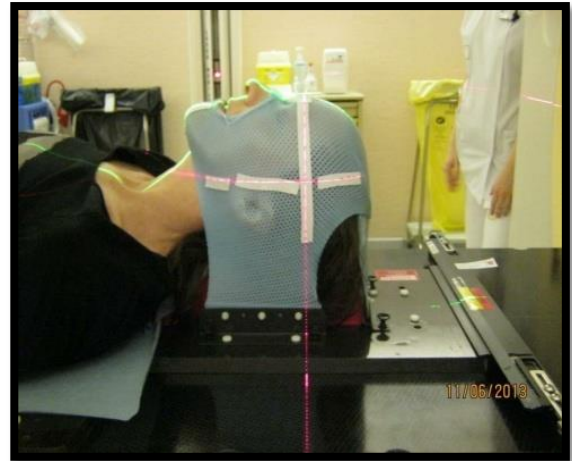
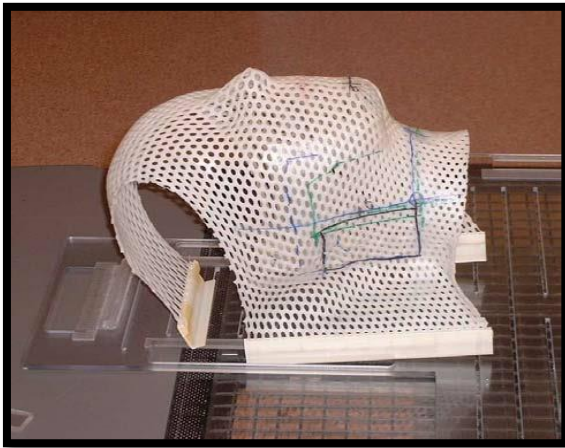
- Détermination de la position du traitement du patient et immobilisation.
- Identification des volumes cibles et des organes à risque.
- Détermination et vérification de la géométrie du champ de traitement.
- Génération de radiographies de simulation pour chaque faisceau de traitement en vue d'une comparaison avec des films d'orifice de traitement. Les systèmes de simulation modernes sont basés sur des imageurs de tomographie assistée par ordinateur (CT) ou de résonance magnétique (MR) et sont appelés simulateurs CT ou simulateurs MR.
- Acquisition des données du patient pour la planification du traitement. <sup>[9]</sup>

### **II.5.1 Positionnement et immobilisation du patient :**

Dans cette étape il faut rechercher la position du patient la plus adaptée au traitement (confort, reproductibilité, dégagement des tissus sains). Ainsi que d'avoir un système de contention le plus performant pour maintenir le patient dans la position de traitement. <sup>[9]</sup>

- Définition de la position de traitement : décubitus dorsal, bras au long du corps.
- Les dispositifs d'immobilisation ont deux rôles fondamentaux:
  - Immobiliser le patient pendant le traitement.
  - Fournir un moyen fiable de reproduire la position du patient de la simulation au traitement, et d'un traitement à l'autre.
- Les patients à traiter dans les zones de la tête et du cerveau sont généralement immobilisés avec un masque en plastique qui, lorsqu'il est chauffé, peut être moulé sur le contour du patient (masque thermoformé).

Le masque est apposé directement sur la table de traitement ou sur une plaque en plastique sous le patient empêchant ainsi le mouvement. Un masque d'immobilisation personnalisé est montré à **la Fig.3** <sup>[9]</sup>



**FIGURE 3:** Masques en plastiques thermoformés utilisés pour l'immobilisation de la tête du patient.

## II.5.2. Simulation conventionnelle

### II.5.2.1. CT-Simulateur

- TDM dédiés pour la simulation et la planification du traitement de radiothérapie sont connus comme CT-simulateurs. Les composants d'un simulateur CT comprennent: un tomodynamomètre de grand diamètre (avec un ouverture jusqu'à 85 cm pour permettre une plus grande variété de positions des patients et la placement des accessoires de traitement pendant la tomodynamométrie); lasers de salle permettant positionnement du patient et marquage; un plateau plat pour correspondre plus étroitement postes de traitement en radiothérapie; et un puissant poste de travail graphique, permettant pour la manipulation et la formation d'image. Un exemple de simulateur CT moderne est montré à la Fig.4. <sup>[9]</sup>



**FIGURE 4.** Un simulateur dédié CT de radiothérapie. Notez le plateau plat et le grand alésage (85 cm de diamètre). La machine a été fabriquée par Marconi, maintenant Philips.

### II.5.2.2. Détermination de la géométrie du faisceau de traitement

La géométrie du faisceau de traitement et tout blindage requis peuvent maintenant être déterminés indirectement à partir des données CT. Le résultat est que le port de traitement est plus proche du volume cible, réduire les marges de traitement autour de la cible et augmenter le tissu sain épargnant. [9]

### II.5.3. Simulation virtuelle

La simulation virtuelle est la simulation de traitement de patients basée uniquement sur CT. La prémisses de la simulation virtuelle est que les données CT peuvent être manipulées pour rendre radiographies synthétiques du patient pour des géométries arbitraires. Ces radiographies, connues sous le nom de radiographies reconstruites numériquement (DRR), peuvent être utilisées à la place des radiographies de simulateur pour déterminer le faisceau approprié paramètres pour le traitement. L'avantage de la simulation virtuelle est que l'information anatomique peut être utilisée directement dans la détermination des paramètres du champ de traitement. [9]

#### II.5.3.1. Radiographies reconstruites numériquement (DRRS)

Les DRR sont produits en traçant des ray-lines à partir d'une position source virtuelle à travers les données CT du patient sur un plan de film virtuel. La somme des coefficients d'atténuation le long d'une ligne de rayons donne une quantité analogue à la densité optique sur un film radiographique. Si les sommes le long de toutes les lignes de rayons à partir d'une seule position de source virtuelle sont ensuite affichés sur leur appropriées positions sur le plan du film virtuel, le résultat est une image radiographique synthétique basé entièrement sur l'ensemble de données CT 3D qui peut être utilisé pour la planification du traitement. [9]

- La figure 5 donne un exemple de DRR typique.



**FIGURE 5.** Une radiographie reconstruite numériquement (DRR). Notez que les niveaux de gris, la luminosité et le contraste peut être ajusté pour fournir une image optimale. [9]

#### II.5.3.2. Vue de l'œil du faisceau ou BEV (Beam Eye View)

Les vues de l'œil du faisceau (BEV) sont des projections des axes du faisceau de traitement, des limites de champ, et décrit les structures à travers le patient sur le film virtuel correspondant avion. Les BEV sont souvent superposés aux DRR correspondants, ce qui entraîne une

représentation synthétique d'une radiographie de simulation. La mise en forme du champ est déterminée par rapport à l'anatomie visible sur la DRR, et structures esquissées projetées par les BEV. Les reconstructions multi-planaires (MPR) sont des images formées à partir de données CT reformatées. Ce sont effectivement des images CT par des plans arbitraires du patient. Bien que des coupes MPR typiquement sagittales ou coronales sont utilisées pour la planification et la simulation, MPR des images à travers n'importe quel plan arbitraire peuvent être obtenues.<sup>[9]</sup>

### **II.5.3.3. Procédure de simulation virtuelle**

La simulation CT commence en plaçant le patient sur la table du simulateur CT la position de traitement. La position du patient est vérifiée sur le pilote CT ou l'éclaireur balayages. Avant d'être scanné, il est impératif que les patients soient marqués d'une référence isocentre. Typiquement, une position proche du centre du volume de balayage proposé est repères fiduciaires radio-opaques choisis sont placés sur les faces antérieure et latérale aspects du patient (avec l'aide des lasers de positionnement pour assurer alignement), et le patient est tatoué pour enregistrer la position du patient marqueurs fiduciaires pour aider à la configuration ultérieure du patient sur le traitement machine. Cette position d'isocentre de "référence" peut être utilisée comme origine d'une référence système de coordonnées à partir duquel notre position actuelle d'isocentre de "traitement" peut être déterminé par des mouvements translationnel du divan. Les structures cibles et les organes d'intérêt peuvent être décrits directement sur les images CT en utilisant des outils disponibles dans le logiciel de simulation virtuelle. Les DRR et les BEV créés à partir des informations CT et les données esquissées sont utilisées pour simuler le traitement. La détermination de la géométrie et du blindage du faisceau de traitement est réalisée avec par rapport à la position cible et à l'emplacement critique des organes. Géométries de faisceau standard (par exemple, boîte de 4 champs, paire parallèle opposée, poutres latérales obliques, etc.) peut être utilisée ensemble avec le bouclier conforme pour augmenter le tissu sain épargnant. Vous pouvez également utiliser des combinaisons de faisceaux moins orthodoxes pour maximiser des tissus sains épargnant dans le cas où un organe ou une structure critique est sur le chemin de un faisceau. Il est impératif que lors du choix des géométries de poutres, on considère les distributions de dose potentielles. De plus, les limites physiques de l'unité de traitement et ses accessoires en fonction de la position du patient pris en considération. Par exemple, il faut veiller à ce que la position du portique ne soit pas conflit avec la position du patient. Une fois qu'un arrangement de faisceau raisonnable a été trouvé, les limites de champ et un blindage peut être obtenu. Étant donné que l'emplacement précis de la cible est connu, la détermination de la conception de blindage et limites de champ de traitement devient une question de choisir une marge appropriée à prendre en compte les effets physiques et géométriques des faisceaux, tels que les pénombres. Une fois les paramètres de traitement

pertinents obtenus, le faisceau de traitement géométrie, les données CT y compris les contours et les informations de densité électronique sont transféré au système de planification du traitement pour le calcul de la dose distribution. <sup>[9]</sup>

#### **II.5.4 Acquisition de données du patient**

Avec la popularité croissante de la tomодensitométrie dans les années 1990, l'utilisation de la tomодensitométrie (scanner) en radiothérapie se sont répandus. L'information anatomique sur les scanners est présentée sous la forme de tranches transversales, qui contiennent des images anatomiques de très haute résolution et contraste, basé sur la densité électronique. Les images CT fournissent un excellent contraste des tissus mous permettant une amélioration considérable de la localisation et de la définition de la tumeur par rapport à la simulation conventionnelle. Les contours des patients peuvent être facilement obtenus à partir des données CT; en particulier, le contour de la peau du patient, la cible et tous les organes d'intérêt. Information sur la densité des électrons, utile dans le calcul des inhomogénéités de dose en raison de la composition différente des tissus humains, peut également être extrait de la Jeu de données CT. Le volume cible et sa position sont identifiés avec une relative facilité sur chaque coupe transversale CT. La position de chaque tranche et donc la cible peut être liés à des repères anatomiques osseux grâce à l'utilisation d'images scout ou pilotes obtenu au moment du balayage. Les films pilotes ou de dépistage relient la position de la coupe CT à la position antéro-postérieure et latérale vues radiographiques du patient au moment du balayage. Elles sont obtenu en gardant la source de rayons X dans une position fixe et en déplaçant le patient (mouvement de translation) à travers le faisceau de fente stationnaire. Le résultat est élevé radiographie de définition qui est divergente sur l'axe transversal, mais non divergente sur l'axe longitudinal. La position de la cible par rapport à l'anatomie osseuse sur les radiographies du simulateur peut puis être déterminée par comparaison avec le CT scout ou films pilotes en gardant à l'esprit les différents grossissements entre les films de simulation et les films de reconnaissance. Cette procédure permet une détermination plus précise de l'étendue tumorale et donc une définition plus précise du champ au moment de la simulation. Si le patient est scanné dans la position de traitement souhaitée avant la simulation, les limites de champ de traitement et les paramètres de blindage peuvent être réglés par rapport à position cible, déterminée à partir des coupes CT. <sup>[9]</sup>

#### **II.6 Étude balistique et dosimétrique avec mise en place des faisceaux d'irradiation**

- Choix de l'énergie des photons : 4 à 10 MV.
- Protection des OAR par caches personnalisés et/ou collimateur multilame :

- utilisation de la fonction Beam Eye View (BEV) du TPS.
- Détermination des faisceaux orthogonaux de positionnement.
- Optimisation de la balistique et des pondérations en considérant la dose aux volumes à irradier et les contraintes de dose aux OAR. <sup>[5]</sup>

## II.7 Etude dosimétrique et représentation graphique des doses

- Calcul et tracé de la distribution de dose résultante par TPS, au minimum dans trois plans orthogonaux principaux.
- Calcul des histogrammes dose-volume recommandé.
- Calcul des unités moniteur. Le double calcul par deux méthodes indépendantes est recommandé. <sup>[5]</sup>

Validation et visa du plan de traitement, conjointe par l'oncologue radiothérapeute et le radiophysicien. Il est recommandé de transférer les paramètres vers les appareils de traitement de façon automatisée, par un système informatique d'enregistrement et de vérification de ces paramètres. <sup>[5]</sup>

## II.8 Déroulement et contrôle du traitement

- Mise en place sous l'appareil de traitement : <sup>[5]</sup>
  - Appel des données sur l'ordinateur de l'appareil de traitement.
  - Installation en salle de traitement : mise en place du patient en utilisant le dispositif de contention utilisé pour la préparation du traitement. Utilisation système de coordonnées permettant le repérage et la mise en place l'appareil (X/Y/Z, distance source axe/peau).
  - Vérification de l'identité du patient et des paramètres de l'irradiation.
- Contrôle de la balistique par imagerie : <sup>[5]</sup>
  - Le bon positionnement du patient et de l'isocentre est habituellement vérifié par la réalisation d'une imagerie de contrôle au cours des 2 à 3 premières séances de la première semaine, de façon hebdomadaire par la suite, et chaque modification du traitement. Ces contrôles s'accompagnent du repérage laser et du renouvellement des marques de repérage en cas de menace de disparition.
  - La forme des faisceaux de traitement est vérifiée pour chaque faisceau ou modification de faisceau.

- Le contrôle du positionnement du patient et de l'isocentre se fait habituellement grâce à deux clichés orthogonaux. Des structures de référence sont identifiées pour calculer la déviation par rapport au plan de référence, et la corriger en fonction de la marge d'incertitude tolérée. La radiothérapie guidée par l'imagerie (IGRT) s'intègre progressivement dans ces démarches de contrôle de repositionnement.
- La dose résultante des imageries de contrôle doit être prise en compte dans la prescription et le compte rendu de fin d'irradiation.
- Dosimétrie in vivo : elle est recommandée en début de traitement pour chaque faisceau techniquement mesurable puis à toute modification de faisceau. <sup>[5]</sup>
- Délivrance du traitement : <sup>[5]</sup>
  - Surveillance permanente au cours de la séance (caméra, interphone) assurée par les manipulateurs (trices) (qui peuvent intervenir à chaque instant si nécessaire).
  - Tous les faisceaux d'une même séquence doivent être traités le même jour.
- Les données de délivrance du traitement sont vérifiées et enregistrées à chaque séance sur fiche, ou mieux sur un système informatique d'enregistrement et de vérification. <sup>[5]</sup>
- Le patient est vu en consultation hebdomadaire pendant son traitement par le Médecin :
  - Enregistrement des toxicités aiguës, selon une échelle internationale validée et datée, modification éventuelle de la dose totale et de l'étalement selon la toxicité et la réponse tumorale, traitement médical des effets secondaires.
  - Surveillance du poids. <sup>[5]</sup>
  -

## II.9 Compte rendu de fin de traitement. Bilan. Archivage

Consultation de fin de traitement par l'oncologue radiothérapeute comprenant :

- Contrôle de la fiche technique et archivage des éléments permettant de reconstituer les doses délivrées au cours du traitement, y compris aux OAR.
- Rédaction du compte rendu d'irradiation : données minimales fixées par la réglementation (arrêté du 22 septembre 2006), notamment les dates de réalisation de l'acte, la procédure réalisée et l'identification de(s) l'appareil(s), la dose délivrée aux différents volumes cibles (fractionnement-étalement) ainsi qu'aux organes à risque concernés par l'irradiation.
- Enregistrement des symptômes et des signes cliniques selon une échelle de toxicité.
- Ajustement et enregistrement des prises médicamenteuses.
- Prévision des consultations post-thérapeutiques et des examens complémentaires. Le compte rendu est écrit par l'oncologue radiothérapeute, enregistré dans le dossier médical et transmis au(x) médecin(s) référent(s). Le dossier est archivé selon la réglementation. <sup>[5]</sup>



# **Chapitre III**

## APPLICATION AUX TUMEURS CEREBRALES

### **III.1 Introduction**

Les principes fondamentaux de la radiothérapie (RT) s'appliquent aux tumeurs du SNC. Elles comprennent une immobilisation précise et reproductible, une imagerie de haute qualité pour localiser la tumeur et les structures normales critiques, une planification tridimensionnelle conforme ou modulée en intensité et un traitement de haute précision. <sup>[6]</sup>

### **III.2 Positionnement et immobilisation du patient**

Les dispositifs d'immobilisation comprennent des coquilles en Plexiglas ou en thermoplastique, dans lesquelles une précision supérieure est requise, un cadre de tête stéréotaxique déplaçable. La position optimale pour le patient dépend de l'emplacement de la tumeur, et sur les dispositifs d'immobilisation disponibles. Une position couchée est inconfortable pour le patient. En utilisant des extensions de canapé, comme un cadre en «S» ou un cadre de tête de radiothérapie stéréotaxique localisable (SRT), permet le traitement des lésions postérieures avec le patient en décubitus dorsal. Dans le cas d'une coquille en plexiglas ou thermoplastique, les patients présentant des lésions postérieures doivent être traités en position couchée afin d'obtenir des directions de faisceau appropriées sans collision avec le canapé. L'exception est pour la RT palliative, en utilisant des champs latéraux parallèles opposés, où le patient peut être positionné en supination. Pour le traitement de l'axe craniospinal, une position de traitement à plat permet la palpation du pin et une visualisation précise des jonctions de champ correspondantes. Il n'y a pas de rôle pour les coquilles latérales, qui sont instables et inconfortables. Les coquilles doivent être découpées pour améliorer l'épargne de la peau. <sup>[6]</sup>

### **III.3 Imagerie de haute qualité**

La plus grande partie de la planification est basée sur la tomодensitométrie, car elle fournit une géométrie et une position exactes du patient sans distorsion, et parce que la densité tomодensitométrique est requise pour le calcul précis de la dosimétrie. De préférence, le contraste intraveineux doit être utilisé car cela améliore la discrimination de la cible. Bien que cela modifie légèrement les nombres de CT, la dosimétrie est affectée par 1% ou moins. Dans la plupart des cas, les tumeurs sont moins bien démontrées à la TDM qu'à l'IRM, et l'IRM devrait être considérée comme une modalité essentielle pour la planification. En règle générale, l'IRM ne doit pas être effectuée dans la position de traitement, à condition qu'un logiciel de co-enregistrement d'image approprié soit disponible. Le choix correct de la séquence d'IRM doit être fait, afin d'optimiser la définition de la tumeur. Cependant, CT et IRM sont complémentaires. Alors que l'IRM est en général la meilleure modalité pour montrer la tumeur, CT est extrêmement utile pour déterminer l'étendue de l'atteinte osseuse, ou l'étendue d'une

tumeur non invasive qui est limitée par l'os. Dans les prochaines années, l'imagerie supplémentaire est susceptible d'être intégrée dans la planification, en particulier pour les gliomes. Cela inclut des séquences MR plus récentes (tels que l'imagerie pondérée en diffusion et le tenseur de diffusion), la spectroscopie MR et l'imagerie PET (tomographie par émission de positrons). Dans certains méningiomes qui ont été complètement réséqués, une co-administration avec l'IRM préopératoire peut être utile pour déterminer l'emplacement de la tumeur et la propagation possible. <sup>[6]</sup>

### **III.4 Définition des volumes cibles**

Les définitions du volume tumoral brut (GTV), du volume cible clinique (CTV) et du volume cible de planification (PTV) telles que décrites dans ICRU 83 doivent être utilisées pour des fins de planification. L'imagerie montre l'étendue du GTV; les données historiques sont utilisées pour définir une marge CTV autour de lui, qui est généralement la même chez tous les patients avec le même état. La marge de PTV est conçue pour prendre en compte les incertitudes dans la planification et le traitement, et a des éléments systématiques (c'est-à-dire 'préparation du traitement') et aléatoires (c'est-à-dire 'délivrance du traitement'). La marge doit être ajoutée sur la base de la formule de recette décrite dans le rapport de 2003 de l'Institut britannique de radiologie intitulé «Incertainitudes géométriques en radiothérapie», et incorporée dans ICRU 83. La radiothérapie conformationnelle devrait être considérée comme une pratique courante, car elle limite la dose aux tissus normaux. Il existe des preuves raisonnables que cela réduit les complications chez les patients traités pour des tumeurs du SNC, en réduisant le volume des tissus, en particulier le cerveau, en recevant une dose élevée ou en évitant l'exposition à des structures sensibles telles que l'hypothalamus et l'hypophyse. . Les doses de lentilles oculaires doivent être estimées avec la dosimétrie thermoluminescente (TLD) pour référence future. Des films de portail ou des images sur le traitement doivent être utilisés pour confirmer le positionnement pour traitements radicaux. <sup>[6]</sup>

### **III.5 Tolérance tissulaire normale à la radiothérapie**

La tolérance normale des tissus est un concept important. Il incarne à la fois le risque de complication et la sévérité de son effet sur le patient. La pertinence aussi dépend du contexte clinique: un risque plus élevé de lésions tissulaires normales pourrait être accepté chez un patient présentant une tumeur très maligne nécessitant une dose élevée de RT qui a seulement une faible chance de survie à long terme, que ce qui est raisonnable chez un patient avec une tumeur bénigne. La dose considérée comme sûre peut donc varier d'un condition à l'autre. Il y a presque certainement un effet de volume dans la tolérance tissulaire normale des structures du SNC,

comme dans d'autres parties du corps. Cela signifie que plus le volume irradié est grand, plus la dose sûre est faible. Le système nerveux central est également particulièrement sensible à la dose par fraction, et de nombreux schémas posologiques de fractionnement sont conçus pour avantage de cela. La plupart des données sur la tolérance dans le SNC sont fondées sur des rapports publiés antérieurement à l'utilisation de l'imagerie moderne, en particulier l'IRM. Doses de tolérance sont donc loin d'être absolues. La tolérance du cerveau lui-même (pour éviter la nécrose) est de l'ordre de 54-60 Gy en environ 30 fractions, en fonction du volume traité et de la dose par fraction. Un effet de volume existe également pour les dommages intellectuels. En utilisant la RT 3D conforme, les dommages intellectuels chez les adultes sont rares avec des doses allant jusqu'à 54 Gy en 30 fractions. On dit que le tronc cérébral a une tolérance légèrement inférieure à la substance cérébrale, environ 54 Gy en 30 fractions (ou 55 Gy en 33 fractions). Les nerfs optiques et le chiasma sont également considérés comme plus sensibles que le parenchyme cérébral. Pour les tumeurs bénignes dans cette région, une dose de 45 Gy dans 25 fractions à 50 Gy dans 30 fractions devrait être sûre, avec un risque de cécité qui est pratiquement nul. L'hypophyse et l'hypothalamus ont une tolérance beaucoup plus faible à la dysfonction hormonale. Il y a probablement peu d'effet pour les doses inférieures à 20-24 Gy, mais les adultes chez qui ces structures reçoivent 40-60 Gy ont un risque significatif à long terme de dysfonctionnement de l'axe hypothalamo-hypophysaire. La glande lacrymale montre une diminution de la production de larmes après des doses supérieures à environ 20 Gy (similaires aux glandes salivaires). La lentille de l'œil ne doit pas développer de cataracte après des doses inférieures à 5-6 Gy, réparties sur 30 fractions. Il y a un risque de cataracte de 50% après une dose de 15 Gy. Les oreilles moyennes et intérieures sont également des structures sensibles, mais chez les adultes, elles se rétablissent chez la plupart des patients après des doses allant jusqu'à 60 Gy. Le risque d'alopécie permanente dépend sur la dose aux follicules pileux dans le derme. Le risque est très faible avec des doses inférieures à 10-15 Gy, mais 50% des patients développeront une alopécie permanente après 43 Gy (en 30 fractions) sur le cuir chevelu. Cette dose est difficile à estimer en routine car les follicules pileux tombent normalement dans la région d'accumulation. La moelle épinière a une tolérance d'environ 50 Gy en 30 fractions (équivalent à 46 Gy à 2 Gy par fraction). Cela peut être une estimation conservatrice (c'est-à-dire sûre) et, dans certaines circonstances, des doses plus élevées peuvent être appropriées, comme pour le GBM de la moelle épinière. <sup>[6]</sup>

## **III.6 Traitement des différents types de tumeurs cérébrales (radical/palliatif)**

### **III.6.1 GLIOME DE HAUT GRADE (HGG)**

#### **III.6.1.1 Traitement radical**

##### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé dans le sens du faisceau coquille, découpée pour maximiser l'épargne de la peau. Imagerie postopératoire est nécessaire pour démontrer la véritable étendue et la position de tumeur résiduelle après décompression. IRM produit définition supérieure de la tumeur, et devrait être co-enregistré à la planification CT. La tumeur brute (GTV) est définie comme le bord visible de contraste de la tumeur, montré le plus clairement à l'IRM, en utilisant T1W avec contraste de gadolinium. Le GTV est étendu isotropiquement pour atteindre le CTV. En raison de la nature infiltrante des HGG, une grande marge CTV est nécessaire. Typiquement, une technique en deux phases est utilisée, avec une marge de 2,5 cm pour la phase 1 et 1,5 cm de marge pour phase 2. Le CTV ne doit pas s'étendre au-delà de la table du crâne, qui est mieux montré sur CT. Chaque CTV est étendu isotropiquement à son PTV avec une marge appropriée, spécifique à la technique dans chaque département. Une marge de 0,5 cm est commun. Décrire les structures normales critiques, y compris l'hypophyse, les yeux et les lentilles. Cela peut valoir la peine décrivant les structures optiques. <sup>[6]</sup>

##### **Technique**

La RT conforme devrait être considérée comme une norme. Les faisceaux non-coplanaires, avec des boosters sur le terrain, sont avantageux pour la plupart des gliomes. Ce dernier s'élève à radiothérapie modulée en intensité planifiée (IMRT). Dosimétrie thermoluminescente (TLD) avec fluorure de lithium (LiF) est recommandé pour estimer les doses à l'œil, et l'imagerie portale confirme le positionnement du patient. <sup>[6]</sup>

##### **Dose et énergie**

- Pour le gliome de grade III (anaplasique):

Phase 1: 45 Gy en 25 fractions quotidiennes sur 5 semaines, avec 6 photons MV

Phase 2: 9 Gy en 5 daily fraction over 1 week, avec 6 MV photons

- Pour le gliome de grade IV (GBM):

Phase 1: 40-50 Gy en 20-25 fractions quotidiennes sur 4-5 semaines, avec 6 photons MV

Phase 2: 10-20 Gy en 5-10 fractions quotidiennes sur 1-2 semaines, avec 6 photons MV

Cela donne un total de 60 Gy en 30 fractions en 6 semaines. <sup>[6]</sup>

## **Effets secondaires**

### **Aigu**

La fatigue aiguë est presque invariable, bien qu'elle soit variable gravité. Il semble être lié au volume traité. Il augmente pendant le cours, a une tendance fluctuante, et peut être à son pire peu de temps après l'achèvement de la radiothérapie.

La somnolence précoce retardée est rare chez les adultes.

La perte de cheveux se produit dans les portails d'entrée et parfois dans les portails de sortie aussi, dans environ la troisième semaine après le traitement départs. Le lavage des cheveux n'a aucun effet sur la perte de cheveux ou les réactions du cuir chevelu, à condition qu'il soit effectué avec soin. Utilisation conforme RT, le blindage du cuir chevelu peut être utilisé pour protéger une partie du cuir chevelu, sans compromis sur le volume cible sous-jacent. Avec 54 Gy, les cheveux repoussent ce plus normal chez la plupart des patients, avec 60 Gy, au moins une perte de cheveux sera permanente. Érythème et la douleur de la peau peut se produire, en particulier si le pavillon est inclus dans un port d'entrée. Couper le shell réduit la dose de peau et minimise les réactions cutanées. Si l'externe canal auditif est irradié, cela devient douloureux et en croûte, et la cire devient plus visqueuse et difficile à enlever. Si le tympan et l'oreille moyenne sont irradiés, puis sécrèteurs une otite moyenne (oreille collante) peut en résulter, mais spontanément. Les dommages à l'oreille interne sont très rares. Chez les patients traités pour HGG, les maux de tête et les nausées sont rare. Les saisies s'aggravent parfois pendant thérapie. Dexaméthasone est utile, et anticonvulsivants devrait être revu.<sup>[6]</sup>

### **En retard**

Si l'hypothalamus et l'hypophyse ont été irradiés, une défaillance hormonale peut survenir après un minimum de 1-2 ans. Les tests de routine de la fonction hypophysaire sont donc appropriés les quelques patients qui sont des survivants à long terme. Bien que le Effet tardif le plus important dans le cerveau est la radionécrose, cette est extrêmement rare depuis l'avènement de la 3D Planification.

Détérioration pendant la radiothérapie Certains patients se détériorent pendant la radiothérapie. C'est usuellement à un œdème accru, vraisemblablement nécrose des cellules tumorales. Il est généralement traitable avec une augmentation dans la dose de dexaméthasone. De temps en temps, un composant kystique peut agrandir, et justifie une intervention neurochirurgicale, telle comme aspiration et insertion d'un réservoir d'Ommaya. Quelques patients se détériorent pendant la radiothérapie en raison de progression tumorale. Dans ces cas, il convient de passer au fractionnement palliatif, en faisant un changement de dose approprié en fonction de la dose déjà livré, ou d'arrêter RT tout à fait.<sup>[6]</sup>

## **Résultats du traitement**

Les perspectives sont plus favorables pour les tumeurs de grade III, avec 50% de survie à 3 ans, que pour les patients atteints de GBM, dont le chiffre est seulement de 2-3%. Néanmoins, ce petit groupe de patients GBM est important. Dans un essai randomisé des patients atteints de GBM, l'ajout de témozolomide par voie orale à la chimiothérapie a prolongé la survie de façon significative: médiane la survie a été étendue de 12 mois à 14,5 ans et de 2 ans la survie a augmenté de 10% à 26%.<sup>[6]</sup>

### **III.6.1.2 Traitement palliatif**

#### **Volume cible et technique**

Le patient doit être immobilisé dans le sens du faisceau coquille. L'arrangement de faisceau prévu est une paire parallèle des champs opposés-unilatéraux. Concerné à des fins de planification, décrire le GTV; appliquer une marge légèrement plus petite de 1,5 p 0,5 cm pour les marges CTV p PTV; pas d'édiction de CTV est nécessaire. Le collimateur doit être tourné pour suivre environ la ligne de base radiologique, afin d'éviter les yeux. S'il y a une incertitude dans la localisation de la tumeur, utiliser une marge CTV de 2,5 cm, comme pour RT radical. Un montant supplémentaire d'une marge d'environ 0,8 cm est nécessaire pour permettre le champ taille pour couvrir le PTV de manière adéquate. Des champs sont placés à l'aide d'un outil de simulation virtuelle.<sup>[6]</sup>

#### **Dose et énergie**

30 Gy en six fractions, traitement trois fois par semaine, sur 2 semaines, avec des photons mégavoltage.<sup>[6]</sup>

#### **Effets secondaires**

La fatigue aiguë se produit avec la RT palliative, et la perte de cheveux est inévitable, bien que survienne après l'achèvement de RT. Bien que certains repousse se produit, les cheveux ne reviennent pas à la normale. Erythema est doux, et les maux de tête et les nausées sont très rares. En raison du mauvais pronostic, les effets secondaires tardifs sont rarement pertinents.<sup>[6]</sup>

## **Résultats du traitement**

Les perspectives pour les patients atteints d'HGG qui reçoivent une RT palliative est pauvre, avec une survie médiane de seulement 140 jours (juste sous 5 mois) à partir de la première présentation en oncologie. Cependant, un petit nombre de patients survivent beaucoup plus longtemps, rester en vie pendant plus de 2 ans. Ces patients jugés inaptes pour la radiothérapie palliative ont une survie médiane de seulement 6 semaines.<sup>[6]</sup>

## **III.6.2 Gliomes de bas grade (GBG)**

### **III.6.2.1 Traitement radical**

#### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau, découper pour maximiser l'épargne de la peau. Si la résection a été réalisée, l'imagerie postopératoire est nécessaire. Même si la biopsie a été la seule procédure chirurgicale, l'imagerie actuelle est nécessaire. L'IRM produit une localisation optimale de la tumeur, en particulier les séquences FLAIR ou T2W. Cela devrait être co enregistré avec la planification CT. La tumeur grossière (GTV) est défini comme le signal haut visible sur FLAIR ou T2W IRM, ce qui équivaut à une faible densité sur CT. Ce volume est souvent très grand. Cependant, une marge CTV d'environ 1,5 cm peut être utilisé, plus petit que pour HGG, et le traitement effectué en une seule phase. Le CTV ne doit pas s'étendre au-delà la table interne du crâne, qui est mieux montré sur CT. Le CTV devrait être cultivé isotropiquement à son PTV, avec un marge appropriée. Une marge de 0,5 cm est commune. Les structures normales hors ligne critiques, y compris l'hypophyse, les yeux et lentilles. Cela peut valoir la peine de décrire les structures optiques. <sup>[6]</sup>

#### **Technique**

La RT conforme devrait être standard, en utilisant généralement trois ou quatre poutres non coplanaires. Un coup de pouce sur le terrain peut être nécessaire pour atteindre l'homogénéité de la dose, en particulier volumes cibles. Le TLD est recommandé pour estimer les doses à l'objectif, et l'imagerie portale pour vérifier l'installation du traitement. <sup>[6]</sup>

#### **Dose et énergie**

Phase unique: 50,4-54 Gy en 28-30 fractions quotidiennes sur 5,5-6 semaines, avec 6 photons MV. Il existe des preuves suggérant qu'une dose plus faible de 45 Gy en 20 fractions peuvent être aussi efficaces. Pour les patients avec gliomatose cérébrale, une dose légèrement plus petite par fraction peut être utile, et une dose de 55 Gy dans 33 fractions est appropriée. <sup>[6]</sup>

#### **Effets secondaires**

Les effets aigus et tardifs sont similaires à ceux de HGG, en particulier de grade III gliomes, pour lesquels la même dose est utilisée. Les crises peuvent s'aggraver pendant la radiothérapie. La dexaméthasone est utile et les anticonvulsivants doivent être revus. l'hypothalamus et l'hypophyse, le dysfonctionnement tardif est un problème important dans le suivi à long terme, d'autant plus que le pronostic est beaucoup plus favorable que HGG. La plupart des études de la fonction intellectuelle suggèrent peu ou aucun effet néfaste de 54 Gy (en 30 fractions), plus et au-dessus de celui déjà causé par la tumeur (et la chirurgie). <sup>[6]</sup>

## **Résultats du traitement**

Le résultat des patients atteints de LGG est très variable. Cependant, un âge plus jeune, des tumeurs plus petites et un manque de déficit neurologique sont pronostiques pour un meilleur résultat. En outre, le type histologique a également un effet: l'histologie de l'oligodendrogliome a un meilleur aspect que l'astrocytome. Mixte les tumeurs ont une perspective intermédiaire. Beaucoup de patients avec des déficits neurologiques de la tumeur expérience d'amélioration, et c'est une indication très importante pour entreprendre RT. Cela s'applique également à la gliomatose cérébrale, malgré les énormes volumes de cerveau touchés. Chez la moitié des patients atteints d'épilepsie, la fréquence et la sévérité des crises s'améliore après la radiothérapie. Dans le grand procès européen qui a évalué le calendrier de RT, radiothérapie précoce retardé la progression de LGG par environ 2 ans. Cette augmentation de la survie sans maladie peut être utile aux patients. Survie médiane (c.-à-d. patients vivants) était d'environ 7,5 ans, quel que soit le moment de RT. Les données de survie à dix ans de cet essai sont pas encore disponible, mais d'autres séries la survie à 10 ans est dans la gamme 40-60%.<sup>[6]</sup>

### **III.6.3 Ependymome (intracranial)**

#### **Traitement**

La résection chirurgicale maximale possible est un avantage avant la radiothérapie. Il n'y a pas de rôle défini pour l'adjuvant chimiothérapie chez les adultes. Bien que l'épendymome puisse propagation à travers le LCR, il existe de bonnes preuves que la RT craniospinal prophylactique ne confère aucun avantage.<sup>[6]</sup>

#### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé de manière conventionnelle, positionné soit enclin (dans une coquille en deux parties), soit en décubitus dorsal dans un cadre en «S», pour tenir compte des poutres postérieures. La coquille devrait être découpée pour le traitement. Pour les tumeurs de la fosse postérieure, il est typique de considérer toute la fosse postérieure comme la VCT, semblable au traitement de phase 2 du médulloblastome. Cependant, pour les tumeurs latéralisées, il peut être acceptable de décrire le GTV comme une tumeur amplificatrice et d'ajouter une marge CTV de 1,5-2,5 cm. Un PTV approprié doit être ajouté. épendymome supratentorielles doivent être traités de façon similaire à HGG, en utilisant l'IRM post-opératoire pour définir la GTV. The CTV exige une marge de 1,5-2,5 cm, cultivés, isotropique éditables le long du crâne. Un PTV approprié doit être ajouté.<sup>[6]</sup>

#### **Technique**

Chez les adultes, la fosse postérieure est mieux traitée avec un plan, en utilisant généralement trois champs non coplanaires. L'arrangement standard est avec deux oblique postérieur et un faisceau postérieur. Cela permet d'obtenir la meilleure conformation au volume cible de la fosse

postérieure. Les tumeurs supratentorielles nécessitent des arrangements de faisceaux individualisés, conformément aux HGG. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

Des rayons X de Megavoltage de 6 MV ou équivalent doivent être utilisés. Monophasé: 55 Gy en 33 fractions quotidiennes, sur 6,5 semaines. Une alternative est de 54 Gy en 30 fractions, traitement quotidien sur 6 semaines. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

L'épendymome est curable dans environ 50% des cas. <sup>[6]</sup>

## **III.6.4 Lymphome primaire du SNC**

### **III.6.4.1 Traitement radical**

Dose complète radiothérapie. Ceci n'est plus considéré comme conventionnel, mais est inclus ici dans le cas de cas rares non traitables par chimiothérapie. <sup>[6]</sup>

#### **III.6.4.1.1 Maladie unifocale localisée**

##### **Volume cible et technique**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau. Pour la phase 1, le cerveau entier est irradié, en utilisant une paire parallèle de champs latéraux opposés. La distribution de la dose 3D doit être calculée et des coins ou des compensateurs peuvent être utilisés si l'homogénéité de la dose est hors ICRU recommandée limites. L'évitement de la dose élevée est susceptible de réduire le risque et la gravité de la neurotoxicité tardive. Pour la phase 2, un volume localisé est traité, en utilisant un plan à trois champs, ou équivalent. Le GTV est la maladie qui améliore la pré-chimiothérapie à l'IRM. Une marge de 1-2 cm devrait être permise autour de ceci pour le CTV, et la marge appropriée de PTV ajoutée. <sup>[6]</sup>

##### **Dose et énergie**

Phase 1: 45 Gy en 25 fractions quotidiennes, sur 5 semaines.

Phase 2: 9-10 Gy en 5 fractions quotidiennes, sur une semaine. <sup>[6]</sup>

#### **III.6.4.1.2 Maladie multifocale**

##### **Volume cible et technique**

Traiter le cerveau entier avec une seule phase, selon la phase 1. <sup>[6]</sup>

##### **Dose**

Monophasé: 45 Gy en 25 fractions quotidiennes, sur 5 semaines. D'autres schémas alternatifs à dose unique ont également été utilisés par certains groupes, même pour une maladie localisée:

Phase unique: 30,6-39,6 Gy en 17 - 22 fractions, sur 3½-4½ semaines 45 Gy en 30 fractions quotidiennes, sur 6 semaines. <sup>[6]</sup>

### **III.6.4.2 Radiothérapie palliative**

Cela peut être nécessaire pour quelques patients avec un mauvais état de performance. <sup>[6]</sup>

#### **Volume cible et technique**

Immobiliser et irradier le cerveau entier avec une seule phase, selon la RT palliative pour les métastases. <sup>[6]</sup>

#### **Dose**

Une variété d'horaires de doses peut être utilisée:

30 Gy en 10 fractions, traitement quotidien, sur 2 semaines

20 Gy en 5 fractions, traitement quotidien, sur 1 semaine

30 Gy en 6 fractions, traitement alterné sur 2 semaines (comme pour HGG). <sup>[6]</sup>

#### **Résultats du traitement**

Les facteurs pronostiques majeurs pour une meilleure survie sont un âge plus jeune, en particulier moins de 60 ans, un excellent état de performance et une chimiothérapie. Convenance pour la chimiothérapie est fortement déterminé par l'état du rendement. La maladie localisée, plutôt qu'un schéma multifocal, a également un meilleur pronostic. La survie à long terme est faible, en particulier chez les patients de plus de 60 ans, qui constituent la majorité. Dans une série de cas non sélectionnés, la survie médiane était de seulement 8 mois, avec une survie à 5 ans de 6%. Cependant, chez les patients de moins de 60 ans ayant une bonne performance et traités de façon intensive, la survie médiane devrait atteindre 3 ans et la survie à 5 ans 20-30%. <sup>[6]</sup>

### **III.6.5 Germinomes**

#### **.Traitement**

#### **Volume cible**

La phase 1 doit traiter l'ensemble de l'axe craniospinal, ce qui est le plus efficace prévu à partir de CT. La technique est la même que pour la RT craniospinale pédiatrique, et nécessite une attention particulière aux détails. Pour la phase 2, le site primaire est traité à une dose plus élevée. Cela devrait être localisé en utilisant CT: MR coregistration, et l'imagerie doit être réalisée avant le début de la RT, parce que la tumeur est extrêmement radiosensible et peut disparaître dans les quelques jours suivant le début de RT. Le GTV est la tumeur augmentant le contraste. La marge de CTV peut être petite, par exemple. 1-2 cm, cultivé isotropiquement. Le PTV doit être cultivé à partir du CTV, avec une marge standard, telle que 0,5 cm. Tous les sites de maladie métastatique peuvent également être stimulés dans ce phase. Parfois, tout l'axe craniospinal doit être traité à la dose de phase 2. <sup>[6]</sup>

#### **Technique**

Phase 1 comme pour la RT craniospinale pédiatrique.

Pour la phase 2<sup>ième</sup> utiliser un arrangement de faisceau approprié, habituellement avec trois champs conformes. [6]

### **Dose et énergie**

Phase 1: axe craniospinal: 25 Gy en 15 fractions quotidiennes en 3 semaines, en utilisant des rayons X de mégavoltage.

Phase 2: 15 Gy en 9 fractions en 2 semaines, pour booster le site primaire et tous les sites de métastases.

Si nécessaire, dans le cas d'une dissémination métastatique étendue, il est possible de traiter l'ensemble de l'axe craniospinal à 40 Gy en 24 fractions, à condition que l'hémogramme soit surveillé attentivement. Si une RT urgente est nécessaire pendant la préparation du plan craniospinal, cela peut être fait en utilisant une paire de champs latéraux parallèles. Quelques fractions (par exemple 5 Gy en trois fractions) sont normalement suffisantes pour empêcher une détérioration clinique. Il est probablement préférable, chez les adultes, de considérer cela comme une dose supplémentaire, ajoutée aux deux phases décrites ci-dessus. [6]

### **Résultats du traitement**

Avec une bonne technique de radiothérapie, le taux de guérison est presque 100%. Ceci s'applique même si une maladie métastatique est présente au moment du diagnostic. [6]

## **III.6.6 Medulloblastome**

La prise en charge du médulloblastome chez l'adulte suit les principes généraux de cette maladie chez l'enfant. Cependant, il y a moins de besoin de réduire les doses chez les adultes qui ont des cerveaux matures et qui sont complètement développés. Exactement la même attention méticuleuse aux détails de la technique de radiothérapie est nécessaire. L'avantage de la survie a été démontré lors de la chimiothérapie chez les enfants. Ce problème doit être résolu chez les adultes. [6]

### **Dose et énergie (adultes)**

Phase 1: axe craniospinal: 35 Gy en 21 fractions quotidiennes 4 semaines, en utilisant des rayons X de mégavoltage.

Phase 2: 20 Gy en 12 fractions en 2,5 semaines. [6]

## **III.6.7 Meningiome**

### **.Traitement**

#### **Volume cible de radiothérapie**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau, découpée pour maximiser l'épargne de peau. Pour les petites lésions où une haute précision est souhaitée, un cadre stéréotaxique amovible peut être utilisé. Si la résection a été réalisée, l'imagerie

postopératoire est requise. Une analyse IRM en cours devrait être utilisée pour la planification, coenregistrée avec le CT de planification. Les deux modalités sont utiles pour obtenir une libération spontanée. L'IRM utilisant une séquence T1 avec un contraste de gadolinium produit une localisation optimale de la tumeur. CT montre les limites de l'extension du méningiome jusqu'à l'os ou, dans rare cas où la tumeur implique l'os, l'étendue de l'invasion. CT montre également les foramina et les fissures du crâne, à travers lequel les méningiomes peuvent se propager. La tumeur grossière (GTV) est définie comme le bord visible de l'amélioration du contraste à l'IRM, plus les limites du crâne pertinentes. Si la résection a été effectuée, l'enregistrement concomitant avec l'IRM préopératoire est très utile. Il montre l'emplacement de la tumeur et donc les surfaces méningées dans lesquelles la dissémination pourrait se produire. Il y a très peu de preuves tangibles de la taille de la marge de CTV qui devrait être utilisée. Pour une tumeur individuelle, son profil de croissance suggère si une petite ou grande marge est nécessaire. Les tumeurs les plus bénignes se développent comme une masse en expansion lente, souvent de forme relativement sphérique. Dans ces cas, le CTV peut être le même que le GTV. Cependant, de nombreux méningiomes montrent une croissance plus invasive, avec une extension le long des couches méningées adjacentes. Une telle extension devrait être décrite dans le GTV, puis une marge CTV appropriée devrait être ajoutée. Là où l'histologie est disponible, ceci peut être incorporé dans la décision de marge. Pour les tumeurs de grade II, une marge CTV doit certainement être ajoutée et, pour les méningiomes malins de grade III, une marge CTV encore plus grande est appropriée. Il n'est pas nécessaire d'étendre le CTV de manière isotrope. Méningiomes envahissent rarement la substance du cerveau, donc seulement une marge minimale est nécessaire à l'interface avec le cerveau. Les marges suivantes sont des recommandations générales pour la plus grande dimension de la CTV autour du GTV. Lorsque le GTV a été réséqué, le GTV peut être localisé à partir de l'imagerie préopératoire.

Pas d'histologie, croissance non invasive

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV

Aucune histologie, motif invasif

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV  $\pm$  1.0-2.5 cm

Grade, croissance non invasive

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV

Grade I, motif invasive

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV  $\pm$  1, 0 cm

Grade II

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV  $\pm$  1, 0 cm

Grade III

CTV  $\frac{1}{4}$  GTV p 1.5-2.5 cm

Le CTV devrait être cultivé isotropiquement à son PTV, avec un marge appropriée. Il est utile de décrire la normale critique structures, y compris les yeux et les lentilles, l'hypophyse, et nerfs optiques et chiasme. [6]

### **Technique**

La RT ou l'IMRT conforme devrait être standard, en utilisant typiquement trois ou quatre faisceaux non coplanaires. Une amplification champ-champ peut être nécessaire pour atteindre l'homogénéité de la dose, en particulier pour les grands volumes cibles. Le TLD est recommandé pour estimer les doses à la lentille, et l'imagerie portale pour vérifier le traitement mis en place [6]

### **Dose et énergie**

50-55 Gy en 30-33 fractions quotidiennes sur 6-6,5 semaines, avec 6 photons MV. La dose peut varier en fonction des structures critiques contenues dans le CTV et le PTV. Dans certains centres, une dose de 60 Gy est considérée comme appropriée pour les tumeurs malignes (grade III). [6]

### **Effets secondaires**

Les effets aigus et tardifs sont liés à l'emplacement irradié. La fatigue se produit, même en utilisant de petites doses par fraction; il est cependant moins marqué que chez les patients traités pour HGG.

La perte de cheveux se produit vers la troisième semaine après le début du traitement. Le lavage des cheveux n'a aucun effet sur la perte de cheveux ou les réactions du cuir chevelu, à condition qu'il soit effectué avec soin. Le blindage du cuir chevelu peut être utilisé pour protéger une partie du cuir chevelu, sans compromettre le volume cible sous-jacent. Avec 50 Gy, la repousse des cheveux est presque toujours normale.

L'érythème et la douleur de la peau sont rares avec 50 Gy dans 30 fractions, bien que peuvent se produire avec des doses plus élevées. Couper la coquille réduit la dose de peau, et la crème d'hydrocortisone 1% appliquée localement réduit les démangeaisons. Le pavillon de l'oreille et le conduit auditif externe peuvent être affectés. Si le canal externe reçoit une dose importante, la cire devient visqueuse et collante. Si le tympan et l'oreille moyenne sont irradiés, une otite moyenne sécrétoire (oreille collante) peut alors se produire. Cela peut provoquer des bruits dans les oreilles, en particulier des bulles, une réduction de l'ouïe et, occasionnellement, des difficultés d'équilibre, mais cela est généralement temporaire et s'installe spontanément. Si la trompe d'Eustache est traitée, le même problème se produit souvent. Les patients occasionnels éprouvent des nausées, en particulier lorsque le tronc cérébral est irradié. Ceci est généralement gérable avec les antagonistes 5-HT3. Les patients ont parfois besoin de stéroïdes pendant le traitement du méningiome. Maux de tête est également rare comme un effet secondaire aigu. En ce qui

concerne les effets tardifs, si l'hypothalamus et l'hypophyse ont été irradiés, une défaillance hormonale peut survenir après 1-2 ans, donc des tests de la fonction hypophysaire de routine sont nécessaires pendant le suivi. La fonction intellectuelle ne devrait pas être affectée, au-delà des changements déjà causés par la tumeur (et la chirurgie). Dans les cas où des doses élevées d'yeux ne peuvent pas être évitées, comme les méningiomes du nerf optique, des cataractes peuvent apparaître (voir ci-dessus).<sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

Il est probable que la RT améliore les résultats chez les patients pour lesquels la chirurgie est impossible ou incomplète. Les résultats de la résection subtotale plus RT sont équivalents à l'exérèse chirurgicale complète, et peuvent être plus sûrs pour le patient. Méningiomes se développent lentement, de sorte que le suivi doit être effectué sur une longue période, au moins 10-15 ans. L'âge ne semble pas être pronostique et ne devrait pas être considéré comme un obstacle à la RT radicale. Les tumeurs qui sont plus grandes ou de grade plus élevé ont plus de chance de rechute plus tôt. En outre, il est probable que les tumeurs ayant un nombre élevé de cellules actives dans le cycle mitotique ont une probabilité plus élevée de rechute précoce. En général, les méningiomes ne changent pas de taille après la RT, bien que quelques-uns rétrécissent modestement. Cependant, il est important pour le patient de comprendre qu'aucun changement après le traitement ne représente un succès. Déficits neurologiques, tels que les paralysies du nerf crânien ne s'améliorent généralement pas. L'exception concerne les méningiomes du nerf optique: environ un tiers des patients présentent une amélioration de la vision, même si la taille de la lésion ne change pas à l'imagerie. Dans l'ensemble, les taux de contrôle chez les patients atteints de méningiome sont bons, bien que les résultats publiés soient assez variables. La survie après la chirurgie et la RT pour les méningiomes bénins (c'est-à-dire les grades I et II) est d'environ 80 à 90% à 5 ans et de 50 à 80% à 10 ans. Pour les patients avec des tumeurs inopérables traitées par RT seule, les taux de contrôle sont probablement sur la partie inférieure de ces plages. Bien que ces résultats soient bons et bien meilleurs que pour les patients atteints de gliomes, il y a place à amélioration. Les patients atteints de méningiomes malins (c'est-à-dire de grade III) ont une plus mauvaise perspective, avec des taux de survie à 5 ans d'environ 40%, soit environ la moitié de la survie des patients atteints de tumeurs bénignes.<sup>[6]</sup>

### **III.6.8 Tumeurs pituitaires**

#### **Traitement**

#### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau; une position neutre et confortable est recommandée. Un cadre stéréotaxique relocalisable peut également être utilisé. La radiothérapie devrait être entièrement conforme. Bien que la fosse pituitaire puisse être bien

localisée sur les radiographies latérales conventionnelles du simulateur, il est plus difficile d'être certain de l'étendue latérale de la cible. Les radiographies de simulateur ne montrent pas d'extension suprasellaire dans les cas où cela est présent. Par conséquent, la planification CT est préférée, avec un IRM co-enregistrée actuelle (postopératoire) (T1WpGd). La TDM montre bien l'anatomie osseuse, surtout en bas, où il peut être difficile de distinguer la tumeur de la moelle osseuse dans le crâne à l'IRM. L'IRM montre l'implication des sinus caverneux et de l'extension suprasellaire. L'IRM peut être inutile pour les microadénomes confinés à la selle, bien que ces tumeurs nécessitent rarement une RT. La cible est basée sur le volume résiduel de la tumeur, qui implique le plus souvent les sinus caverneux. Très rarement, les tumeurs se propagent dans le sinus sphénoïdal, bien que le tissu observé dans le sinus sphénoïdal après l'opération après une résection trans-sphénoïdale soit le plus susceptible d'être un emballage chirurgical. Cela n'a pas besoin d'être traité. Certaines tumeurs ont une extension suprasellaire résiduelle, même après la chirurgie, et ceci doit être inclus dans le GTV. L'examen du GTV sur une vue coronaire peut être utile pour confirmer la couverture, surtout en haut et en bas. Les adénomes hypophysaires ne s'infiltrant pas à un niveau microscopique, donc aucune marge CTV n'est requise pour cela. Cependant, s'il existe une incertitude au sujet de la co-administration ou de la description, alors une petite marge de CTV peut être ajoutée. Le PTV doit être cultivé isotropiquement avec une marge appropriée. Idéalement, les structures normales critiques, en particulier les nerfs optiques, le chiasma et les voies, doivent être décrites, de sorte que la distribution de la dose et les histogrammes dose-volume (DVHs) pour ceux-ci peuvent être examinés. Ils peuvent être décrits individuellement ou en tant qu'unité unique. Le DVH attendu variera en fonction de la méthode utilisée. Alternativement, le plan de dose doit être examiné sur chaque tranche de CT pour exclure les «points chauds» au sein de ces structures. <sup>[6]</sup>

### **Technique**

En général, un plan coplanaire conforme à trois champs est idéal. Classiquement, cela utilise un champ antérieur, entrant au-dessus des yeux (et de préférence au-dessus des sourcils), et deux champs latéraux opposés, calés. D'autres variations sont possibles, y compris des champs obliques postérieurs plutôt que latéraux, qui ne nécessitent pas de calage. Ceux-ci réduisent la dose du lobe temporal, mais un plus grand volume de tissu normal reçoit une faible dose. Les poutres supérieures ne sont pas idéales parce que le faisceau sort à travers tout le corps. Des mesures de dosimétrie par thermoluminescence devraient être effectuées pour estimer les doses de lentilles. Bien qu'elles devraient être très faibles, les mesures prouvent que la cataracte subséquente ou d'autres problèmes visuels ne sont pas le résultat de la RT. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

45 Gy en 25 fractions quotidiennes sur 5 semaines, avec des rayons X mégavoltage. La prescription devrait être au point de dose de 100% à l'isocentre. Une dose légèrement plus élevée est parfois recommandée pour la maladie de Cushing et pour les très grands adénomes, comme 50 Gy en 30 fractions (comme pour le craniopharyngiome). Puisque ces tumeurs sont situées au centre du crâne, il y a un petit avantage à utiliser des rayons X de haute énergie (c'est-à-dire 10-15 MV); en particulier, cela conduit à légèrement plus faibles doses de lobe temporal. Cependant, si de très petits champs sont requis, la dosimétrie peut être plus sûre avec des rayons X de 6 MV.

[6]

### **Effets secondaires**

La perte de cheveux sur les tempes se produit à 3 semaines, et repoussera. Un érythème léger apparaît occasionnellement dans la voie d'entrée antérieure, mais il est rarement marqué de faisceaux de haute énergie. Certains patients éprouvent de légères nausées et une perte d'appétit pendant la RT, qui est facilement contrôlée par des antiémétiques simples. Chez certains patients, des symptômes de l'oreille apparaissent à la suite d'une irritation aiguë et d'un blocage de l'eustache. tube. Les patients peuvent rapporter une audition légèrement réduite, avec des bulles dans les oreilles et, parfois, une légère instabilité. Ces symptômes sont dus à la présence de liquide dans l'oreille moyenne (otite moyenne sécrétoire), qui est incapable de s'écouler dans la trompe d'Eustache bloquée et se stabilise spontanément. Pour les patients nécessitant déjà un remplacement par hydrocortisone, il est judicieux d'augmenter la dose, car une cure de radiothérapie constitue un événement stressant. Cela devrait être la gestion 'par défaut'. Typiquement, la dose peut être augmentée de 50% ou doublée. Quelques patients peuvent être pris en charge sans cette augmentation s'ils ne se sentent pas perturbés par le traitement imminent. La fatigue est une bonne mesure de la dose de stéroïdes requis dans ce groupe de patients. RT augmente le risque de dysfonctionnement de l'axe hypothalamo-hypophysaire (HPA) nécessitant un remplacement hormonal. Cependant, les dommages à la HPA sont le résultat de la combinaison de la tumeur et de la chirurgie ainsi que RT. Le dysfonctionnement HPA dépend de la dose de radiothérapie. En tout, la moitié ou les trois quarts des patients ont besoin d'hormones remplacement après chirurgie et RT. Le risque de lésion tardive de la radiothérapie des nerfs optiques doit être négligeable avec une dose de 45 Gy en 25 fractions, prescrite à l'isocentre. Par conséquent, si la détérioration visuelle se produit après la RT, il est important de rechercher une autre raison que la radiothérapie. Tout traitement de radiothérapie comporte un risque de survenue tardive de la deuxième tumeur. Chez les patients traités pour un adénome hypophysaire, le risque est d'environ 1% par décennie de suivi après traitement. Sur les tumeurs provoquées, environ la moitié sont bénignes, typiquement méningiome, et environ la

moitié sont malignes, par exemple glioblastome ou sarcome. Parce que le risque est cumulatif avec le temps, ceci est particulièrement important chez les patients plus jeunes. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

La radiothérapie postopératoire produit des taux de contrôle très élevés. Dans l'ensemble, les taux de contrôle des tumeurs devraient être d'environ 95% à 10 ans et de 90% à 20 ans. Cependant, le contrôle de la sécrétion hormonale est plus faible, avec seulement 60-80% de contrôle de l'hypersécrétion. <sup>[6]</sup>

## **III.6.9 Craniopharyngiome**

### **Traitement**

#### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau, dans une position confortable et neutre. Un cadre stéréotaxique relocalisable peut également être utilisé. La planification CT devrait être utilisée, avec IRM coregistered (T1WpGd). Dans certaines circonstances, la co-administration avec l'IRM préopératoire peut également être utile pour guider le GTV. La RT pour le craniopharyngiome est plus difficile à planifier que pour l'adénome hypophysaire. La tumeur est très adhérente à la fois macroscopique et microscopique niveau, et toutes les parties du cerveau avec lesquelles la tumeur initiale était en contact doivent être irradiées. Cependant, la résection décompresse la tumeur et ainsi, ni l'imagerie préopératoire ni postopératoire ne représente exactement l'emplacement de la cible, de sorte que l'anatomie interne du cerveau doit également être pris en compte dans la planification. Il y a habituellement quelques restes solides ou kystiques après la chirurgie, qui peuvent être démontrés avec l'IRM; ceux-ci représentent le GTV. Le CTV devrait contenir les éléments suivants: toute tumeur macroscopique postopératoire; la surface de la tumeur macroscopique préopératoire; et une marge pour toute incertitude dans la localisation de l'un ou l'autre de ces deux volumes. Il est raisonnable que le CTV «suive» tout déplacement du cerveau après la décompression, en fonction de l'anatomie. La marge PTV doit être cultivée de façon isotrope, en fonction de la méthode d'immobilisation utilisée. Comme indiqué ci-dessus, les nerfs optiques, le chiasma et les tracés doivent être soulignés, de sorte que la distribution de la dose et les DVH pour ces structures puissent être examinés. <sup>[6]</sup>

#### **Technique**

Un plan conforme à trois champs est habituel, comme pour l'adénome hypophysaire. Si la cible est grande ou irrégulière, un plan non coplanaire peut être utile. Les mesures de TLD des doses oculaires devraient être faites. <sup>[6]</sup>

#### **Dose et énergie**

50-55 Gy en 30-33 fractions quotidiennes sur 6 semaines, avec des rayons X méga voltage. Comme noté ci-dessus, il y a un petit avantage à utiliser des rayons X à haute énergie (c'est-à-dire 10-15 MV) pour réduire les doses de lobe temporal parce que ces tumeurs sont situées au centre du crâne. <sup>[6]</sup>

### **Effets secondaires**

Les effets secondaires sont similaires à ceux de l'adénome hypophysaire. Chez les patients occasionnels avec un très gros craniopharyngiome, la perte de cheveux peut être significative, mais devrait repousser. Des symptômes auriculaires peuvent survenir, mais cela se rapporte à la distance exacte vers l'arrière et vers le bas du PTV. Pour les patients qui prennent déjà un remplacement par l'hydrocortisone, il est judicieux d'augmenter la dose, comme indiqué ci-dessus. La plupart des patients atteints de craniopharyngiome ont déjà terminé la perte d'hormones de l'axe hypothalamo-hypophysaire. La différence majeure à l'intérieur des effets par rapport à l'adénome hypophysaire est le risque faible mais important de détérioration visuelle pendant la RT. La composante kystique d'un craniopharyngiome peut se remplir de liquide à une période variable après la chirurgie et entraîner une compression du chiasma optique. La réaccumulation de liquide kystique n'est pas liée à la RT elle-même, mais peut se produire par coïncidence pendant la phase postopératoire lorsque la RT est donnée. En cas de détérioration visuelle, l'IRM urgente est nécessaire. Si la récurrence du kyste est confirmée, une référence neurochirurgicale urgente doit être faite pour tenter de préserver la vision. Le risque de lésions tardives de la radiothérapie sur les nerfs optiques doit être très faible avec une dose de 50 Gy dans 30 fractions, prescrite à l'isocentre. Le risque de formation d'une deuxième tumeur est similaire à celui des patients atteints d'adénome hypophysaire, mais ce risque est très inférieur au risque de récurrence du craniopharyngiome si la RT n'est pas administrée. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

La radiothérapie après la chirurgie produit des taux élevés de contrôle, environ 85-90% à 10 ans et 80% à 20 ans. Une chirurgie limitée associée à une radiothérapie produit des taux de contrôle locaux aussi bons que ceux de la chirurgie radicale, avec une morbidité neurologique plus faible. <sup>[6]</sup>

#### **III.6.10 Vestibulaire (acoustique) schwannome**

##### **Traitement**

Ici, seule la technique pour FSRT sera décrite, SRS est une technique hautement spécialisée, qui devrait être étudiée dans des textes plus spécifiques. <sup>[6]</sup>

##### **Volume cible**

Le patient doit être immobilisé dans une coque de direction de faisceau ou dans un cadre stéréotaxique déplaçable. La radiothérapie doit être entièrement conforme à la planification de la

tomodensitométrie avec IRM T1WpGd. La tumeur n'est pas bien représentée sur la TDM, mais le méat auditif interne (IAM) peut être visualisé. En IRM, la tumeur est évidente et l'extension dans l'IAM est évidente. Précision de la TDM: l'enregistrement de l'IRM peut être revu en comparant le canal osseux de l'IAM sur CT avec l'extension de la tumeur dans le canal à l'IRM. Une précision supérieure à 1 mm devrait être réalisable. Le GTV est le bord d'amélioration de la tumeur vu sur l'IRM. Pourvu que la précision de co-administration soit élevée, aucune marge CTV n'est requise. Le PTV doit être cultivé isotropiquement avec une marge appropriée. Il est utile de décrire l'hypophyse afin qu'une faible dose puisse être confirmée. La cochlée doit se trouver à l'intérieur du PTV, de sorte que la dose est prévisible sans que cela ne soit dépassé. Les yeux, en particulier les lentilles, doivent être soulignés, pour s'assurer que la dose de tolérance n'est pas dépassée, par exemple, par la dose de sortie du faisceau oblique postérieur. La glande parotide homolatérale peut également être décrite pour la même raison. <sup>[6]</sup>

### **Technique**

Un plan conforme à trois champs est habituel, utilisant des champs obliques antérieurs et obliques postérieurs obliques et un champ latéral, avec une disposition coplanaire ou non coplanaire selon la forme exacte de la cible. Les petits volumes peuvent également être traités avec plusieurs arcs. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

50 Gy en 30 fractions quotidiennes sur 6 semaines, avec 6 photons MV. Certains centres ont utilisé des doses plus élevées, comprises entre 54 et 57,6 Gy, dans des fractions de 1,8 Gy. Certains schémas hypofractionnés ont également été conçus, en utilisant des doses plus faibles 12 fractions seulement. Ces doses dépassent la tolérance au tronc cérébral et ne conviennent que pour les petites lésions. Préservation de la fonction du nerf crânien peut être mieux avec le légèrement dose plus faible (50 Gy), mais cela doit être formellement évalué. La variation du contrôle local avec la dose nécessite également une investigation. Bien que le taux de préservation de l'audition soit plus faible chez les patients NF, une dose plus faible n'est pas recommandée, de peur que les taux de contrôle de la tumeur soient réduits. <sup>[6]</sup>

### **Effets secondaires**

Les effets secondaires aigus incluent la perte de cheveux dans les portails d'entrée sur le terrain, et il peut y avoir un léger érythème de la peau. La peau dans le méat auditif externe peut également s'irriter et, à plus long terme, la cire peut devenir plus épaisse et plus tenace. Certains patients expérimentent la nausée légère, qui est facilement contrôlée avec des antiémétiques simples. Une proportion de patients souffre également d'une perturbation de l'équilibre due à la vestibulocochlear irritation. Cela se résout après RT, bien que cela puisse prendre plusieurs semaines. Les effets tardifs importants comprennent la préservation de l'ouïe et la fonction du

nerf crânien. Les taux de préservation de l'audition sont de l'ordre de 75% avec FSRT et SRS, mais dépendent également de la taille de la tumeur dans les séries SRS. La préservation d'une audition utile peut être plus élevée, et il a été suggéré qu'elle pourrait atteindre 90% dans les séries FSRT. Les patients atteints de NF-2 ont un risque plus élevé de perdre l'ouïe, avec un taux de préservation de seulement 60%. Les séries FSRT et SRS rapportent des risques de neuropathie faciale dans environ 1% et des symptômes trigéminaux dans 1-3% des patients. Cependant, les risques sont liés à la dose et peuvent être inférieurs à la dose suggérée ci-dessus. Il y a un risque de deuxième tumeur tardive après la radiothérapie, le plus pertinent chez les patients plus jeunes. Par analogie avec les données des patients hypophysaires, et compte tenu de la petite, latéralisée volume, il devrait être inférieur à 1% par décennie après traitement. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

Les taux de contrôle local après radiothérapie stéréotaxique fractionnée (FSRT) ou radiochirurgie stéréotaxique (SRS) sont excellents, avec un contrôle de la tumeur d'environ 95% à 5 années. Ceci est équivalent à des résultats de microchirurgie, bien qu'une comparaison directe n'ait jamais été tentée. Ainsi, la radiothérapie a une excellente efficacité ainsi qu'une faible morbidité. <sup>[6]</sup>

### **III.6.11 Chordome et chondrosarcome de la base de crane**

#### **Traitement**

Les deux types de tumeurs nécessitent une résection, qui devrait viser à enlever autant de tumeur que possible, et introduire un espace entre la tumeur et le tronc cérébral. En raison de leur emplacement, la chirurgie est difficile et généralement il est difficile d'enlever toutes les tumeurs de l'aspect profond. La radiothérapie devrait suivre, mais il semble que des doses d'au moins 65 Gy soient nécessaires. Ceux-ci ont été traités avec beaucoup de succès en dehors du Royaume-Uni avec une radiothérapie à protons ou à ions carbone. Depuis 2008, des patients britanniques ont été référés à l'étranger dans le cadre du programme de surveillance des protons. <sup>[6]</sup>

#### **Volume cible**

L'ensemble du volume préopératoire doit être inclus dans la phase 1. Pour la phase 2, un plus petit volume doit être amplifié, correspondant à une tumeur résiduelle ou imageable. au site probable de la maladie microscopique. L'imagerie pré et postopératoire utilisant CT et IRM sont précieuses. La tomographie montre une érosion osseuse, alors que le MR démontre la tumeur elle-même. Si le tronc cérébral et la moelle épinière sont à proximité, il est souvent approprié d'ajouter un organe de planification à risque (VRP) autour de ces structures. <sup>[6]</sup>

#### **Technique**

Afin de minimiser la marge de PTV, et réduire la dose aux tissus normaux, un cadre de tête stéréotaxique relocalisable est recommandé, si possible. Les patients dont les tumeurs s'étendent

au-dessous de la base du crâne nécessitent une coque de direction de faisceau. Une planification IMRT individualisée est nécessaire afin d'atteindre des doses cibles élevées sans dépasser la tolérance normale aux tissus, ce qui peut mettre la vie en danger. Chaque cas doit être considéré individuellement. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

Chordome

Des doses élevées sont possibles avec IMRT guidée par l'image: 70 Gy en 39 fractions sur 8 semaines. Parfois, une approche en 2 phases peut être utilisée: 50-55 Gy suivi de 15-20 Gy. Des doses légèrement plus élevées peuvent être utilisées pour la maladie extracrânienne résiduelle Chondrosarcome 65 Gy en 39 fractions sur 8 semaines Des doses encore plus élevées sont administrées à l'aide de protons (à l'étranger). Tout plan doit prendre en considération la proximité des tissus normaux critiques. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

Une excellente chirurgie a un effet profond sur les résultats. Ainsi, ces cas sont mieux traités dans des centres spécialisés, y compris une équipe chirurgicale base de crâne. Le contrôle local est le problème le plus important. Les chondrosarcomes peuvent être contrôlés dans plus de 80 à 90% des cas et métastaser très rarement. Les chordomes sont moins bien à la traîne, avec des taux de contrôle locaux de seulement 40-80%. Parmi les chordomes récurrents, l'échec local est le problème majeur, survenant chez 95% des patients, mais la maladie métastatique est trouvée dans 20%. Cela peut se manifester par la dissémination généralisée ou l'implication des ganglions lymphatiques régionaux. Aucun traitement efficace n'est disponible pour les patients qui récidivent. Les meilleurs résultats sont rapportés après RT avec des protons ou des ions légers. <sup>[6]</sup>

## **III.6.12 Tumeurs primitives de la moelle épinière**

### **III.6.12.1.Traitement - radical**

#### **Volume cible**

Le volume cible clinique comprend le canal rachidien entier, antérieurement et latéralement. Supérieur et inférieur, une marge CTV de 2-3 cm est habituel pour la majorité des intrinsèques tumeurs. Au voisinage du CTV, le PTV devrait être cultivé de manière isotrope, avec une marge de 0,5-1 cm. La cible est localisée de la façon la plus appropriée à partir de l'imagerie préopératoire, en utilisant niveaux vertébraux. L'IRM postopératoire est utile pour documenter l'étendue de la maladie résiduelle. Dans le passé, les épendymomes de la région lombo-sacrée ont été traités pour inclure l'ensemble du sac thécal au-dessous de la tumeur. Certes, certaines de ces tumeurs peuvent être vu pour avoir des métastases goutte ou «sucre-revêtement» maladie à la présentation. Les séries historiques dans lesquelles cette cible étendue est favorisée sont

largement antérieures à l'ère de l'IRM de haute qualité, et on ne sait pas si cela est nécessaire chez les patients ne présentant pas de signes de maladie distale lors de la classification IRM. La planification tomodensitométrique permet de délimiter les structures tissulaires normales, telles que l'œsophage et la thyroïde chez les patients atteints de tumeurs cervicales, les poumons et l'œsophage chez tumeurs thoraciques, et les reins et éventuellement les ovaires chez les patients atteints de tumeurs lombo-sacrées. <sup>[6]</sup>

### **Technique**

La première décision est de savoir si le patient doit être couché ou couché. Un positionnement prédisposé a l'avantage que les repères sur le patient sont directement liés au site à traiter et que la colonne vertébrale peut être facilement palpée par les radiographes. Il évite également la perte d'épargne cutanée lorsque les poutres passent à travers le lit de traitement. Cependant, il est moins reproductible et moins confortable pour les patients. Les patients qui ont un handicap neurologique significatif peuvent être incapables d'adopter facilement une position couchée, et cela peut affecter la reproductibilité de la mise en place. Pour les patients présentant des tumeurs thoraciques qui sont couchés, il existe un inconvénient supplémentaire: la respiration déplace le volume cible de manière antéropostérieure, jusqu'à 1,0 cm. Bien que ceci puisse être filtré dans le simulateur, ce mouvement doit être inclus dans la marge PTV, donc augmenter l'irradiation aux tissus normaux. Les tumeurs cervicales sont bien traitées dans un positionnement sur le ventre, et il est utile d'utiliser une coque orientée vers le faisceau. Si possible, le menton doit être relevé pour éviter toute la bouche. Pour les tumeurs thoraciques, une position en décubitus dorsal est généralement préférable, en utilisant un tableau thoracique, avec les bras au-dessus de la tête. Cela permet aux tatouages d'alignement latéral d'être placés dans une position reproductible. Les tumeurs lombaires sont typiquement sujettes au traitement. L'arrangement optimum de faisceau utilise presque toujours un plan de trois-champ, avec deux faisceaux obliques postérieurs coincés et un faisceau postérieur direct. Les angles de charnière pour les faisceaux obliques postérieurs sont optimisés pour la forme de la cible et les structures tissulaires normales plus profondes. Chez certains patients, et en particulier ceux avec des tumeurs lombo-sacrées, un coin longitudinal sur le champ postérieur, ou un champ dans boost de champ, peut être efficace pour atteindre l'homogénéité de dose. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

50 Gy en 30 fractions, traitement quotidien, sur 6 semaines, avec photons méga voltage. Il s'agit d'une estimation raisonnable de la tolérance du cordon chez un patient atteint d'une tumeur de la moelle épinière. Pour les patients avec GBM de la moelle épinière, une dose plus élevée, comme 54 Gy dans 30 fractions, devrait être considéré. <sup>[6]</sup>

### **Effets secondaires**

Les effets secondaires du traitement sont généralement très modestes et dépendent de l'emplacement de la tumeur. Il est rare que la fonction neurologique se détériore et, si cela se produit arriver, il peut être géré avec l'augmentation de la dose de stéroïdes. Une certaine oesophagite peut survenir chez des patients atteints de tumeurs cervicales ou thoraciques supérieures, mais elle est normalement légère. Les patients atteints de tumeurs lombaires ou lombo-sacrées peuvent présenter des nausées ou une légère diarrhée, mais ces symptômes peuvent être gérés efficacement avec des médicaments simples. Les doses rénales doivent être faibles et cliniquement sans importance. La lésion de la moelle épinière due à la RT ne doit pas se produire avec la dose indiquée ci-dessus. La RT n'inhibe pas la récupération normale de la fonction neurologique qui se produit après la chirurgie, et peut continuer jusqu'à un an après l'excision.<sup>[6]</sup>

#### **III.6.12.2 Traitement - palliatif**

Quelques patients nécessitent un traitement palliatif. Ceci peut être réalisé avec un arrangement simple de faisceau, utilisant la dose et le fractionnement comme pour le traitement palliatif de HGG.<sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

Les épendymomes ont un meilleur pronostic que les tumeurs astrocytaires. Les lésions de grade I sont guéries chez la plupart des patients et les tumeurs de grade II dans la région de 50% des patients. Plus haute épendymomes de grade sont rares, mais comme prévu, ont un pronostic pire. Les astrocytomes ont un pronostic pire, grade pour grade, que les épendymomes. Les glioblastomes du cordon ont un pronostic effroyable. La récurrence survient souvent dans quelques semaines ou mois de traitement, et peut inclure la dissémination à travers le LCR.<sup>[6]</sup>

#### **III.6.13 Métastases cérébrales**

##### **III.6.13.1 Traitement de radiothérapie palliative**

### **Volume cible et technique**

Irradiation du cerveau entier (WBI)

Le patient doit idéalement être immobilisé dans une coque de direction de faisceau. Au moins, la tête devrait être immobilisée en utilisant des sacs de ruban adhésif ou de bolus autour de la tête. Le cerveau entier doit être traité, à la fois le cerveau et le cervelet, car une partie de l'objectif est de traiter les micrométastases. L'arrangement de faisceau standard est une paire parallèle de champs opposés latéraux. Ceux-ci peuvent être appliqués à partir d'un simulateur ou d'imagerie CT en utilisant un outil de simulateur virtuel. le collimateur doit être tourné pour suivre approximativement la ligne de base radiologique, afin d'éviter les yeux. Une marge suffisante doit être autorisée, d'abord pour le mouvement du patient ou la variation quotidienne du

positionnement (c'est-à-dire une marge PTV) et, en second lieu, pour permettre une taille de champ adéquate pour traiter efficacement le cerveau entier. S'il est impossible de simuler, un simple balayage des marques terrestres peut être utilisé. La bordure inférieure du champ latéral peut suivre une ligne entre le bord latéral de la crête orbitaire supérieure et l'encoche sous le tragus de l'oreille. Dégagement du cuir chevelu de 1 cm à l'autre trois arêtes seront suffisantes. L'irradiation de la base de la crête. La disposition des faisceaux est également une paire parallèle de champs opposés latéraux, appliquée à partir du simulateur ou CT. Dans des circonstances normales, quand il est nécessaire de traiter les os à travers lesquels les nerfs crâniens passent, le champ devrait s'étendre du canthus externe vers le bas et vers le bord postérieur du foramen magnum. Cela couvrira les nerfs crâniens II-XII. [6]

### **Dose et énergie**

Les rayons X à mégavoltage sont préférables. Si des radiographies orthovoltage doivent être utilisées, la tête doit être remplie d'un bolus pour obtenir un cube équivalent à celui d'un tissu, et une réduction de dose de 10% doit être faite pour permettre une efficacité biologique relative plus élevée de l'orthovoltage. aux rayons X de mégavoltage. Une variété d'horaires de doses est disponible: [6]

30 Gy en 10 fractions, traitement quotidien, sur 2 semaines

20 Gy en 5 fractions, traitement quotidien, sur 1 semaine

12 Gy en 2 fractions, traitement par jours consécutifs ou jusqu'à 1 semaine d'intervalle.

### **Effets secondaires**

Les effets secondaires sont les mêmes que pour les RT palliatifs pour HGG. [6]

## **III.6.13.2 Radiochirurgie stéréotaxique palliative (SRS)**

### **Volume cible et technique**

SRS peut être réalisée en utilisant un cadre de fixation de crâne ou un cadre de tête stéréotaxique relocalisable. Pour utiliser avec succès un cadre de tête déplaçable, le patient doit avoir de bonnes dents et une fonction neurologique normale. L'IRM montre la tumeur de manière optimale et devrait être co-enregistrée électroniquement avec le CT de planification de localisation. Les systèmes les plus simples utilisent des applicateurs circulaires pour traiter des cibles sphériques. Heureusement, les métastases forment généralement une forme approximativement sphérique. L'applicateur avec le diamètre approprié est choisi pour couvrir la métastase. Plusieurs arcs non coplanaires non opposés sont normalement utilisés, commençant et finissant pour éviter l'entrée ou la sortie à travers les yeux. IMRT peut également être utilisé. Une limite de taille supérieure de 3 cm de diamètre est habituelle. La «cible» peut être le bord de la tumeur brute ou une marge supplémentaire de 2-3 mm pour permettre des inexactitudes

d'installation. Cependant, la position du patient peut être vérifiée avant le traitement se poursuit, et le traitement de la seule tumeur grossière minimise les effets secondaires aigus. <sup>[6]</sup>

### **Dose et énergie**

La prescription est normalement faite à la ligne d'isodose de 90%, qui est placée autour du bord de la cible. Certains centres prescrivent à l'isodose à 50%. Dose: 16-24 Gy dans 1 fraction, à 90% d'isodose. Il est conseillé de donner des stéroïdes pour couvrir le SRS, tels que la dexaméthasone 16 mg débutant 24 heures avant le traitement, pendant 24 heures après, puis l'arrêt sur 3-4 jours. Dans certains centres, un WBI plus élevé est utilisé chez les patients présentant des métastases solitaires recevant un SRS, par exemple 40 Gy en 20 fractions sur 4 semaines. <sup>[6]</sup>

### **Résultats du traitement**

Pour autant que les patients soient sélectionnés avec soin, la plupart de ceux qui subissent un traitement semblent bénéficier de l'atténuation des symptômes. Même ainsi, la survie des patients présentant des dépôts cérébraux est généralement faible, avec une survie après radiothérapie palliative de l'ordre de quelques mois. Ceci est normalement dominé par la maladie systémique. Certains patients présentant des métastases solitaires, en particulier lorsqu'un traitement systémique peut également être administré, peuvent vivre pendant 1 an ou plus. Pour les patients atteints de maladie méningée, le pronostic est bien pire. <sup>[6]</sup>

## Conclusion

La radiothérapie est une méthode de traitement locorégional des tumeurs cérébrales, utilisant des radiations (des rayonnements ionisants : rayons gamma du cobalt 60 ou photons de haute énergie, 6 à 20 MV) pour détruire les cellules cancéreuses tout en épargnant les tissus sains périphériques. La radiothérapie externe est aujourd'hui incontournable en cancérologie puisqu'elle est programmée dans deux tiers des schémas thérapeutiques soit seule soit associée à la chirurgie et/ou à la chimiothérapie.

La radiothérapie doit respecter le principe de justification et d'optimisation. La justification de la décision d'irradier repose sur la mise en parallèle des avantages de la radiothérapie avec ses inconvénients, en se fondant sur les connaissances médicales avérées. L'optimisation en radiothérapie se définit comme l'ensemble des procédures, qui, au cas par cas, permettent d'obtenir le meilleur rapport bénéfice/risque, c'est-à-dire permettent de délivrer dans un temps adapté une dose optimale à la tumeur et la dose la plus faible possible dans les tissus sains et les organes à risque proches de la tumeur.

La technique la plus communément utilisée aujourd'hui est la radiothérapie conformationnelle. Afin de faire correspondre le volume irradié au volume de la tumeur, en épargnant au maximum les tissus sains avoisinants, 4 à 6 orientations de faisceau peuvent être utilisées. Pour chacune de ces orientations, la forme du champ irradié sera adaptée à la forme du volume tumoral grâce à des caches, parfois intégrés à l'accélérateur. Les techniques se modernisent toujours dans le but de focaliser les rayonnements sur la zone tumorale, d'épargner au maximum les tissus sains, et donc de pouvoir augmenter la dose délivrée à la tumeur.

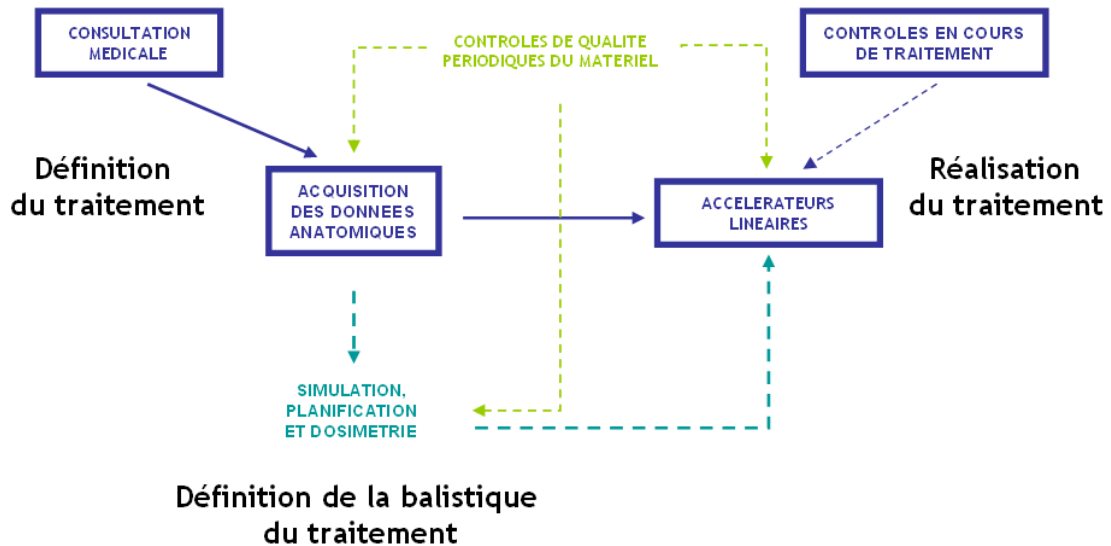
Avant la première séance de traitement, les données anatomiques du patient sont acquises grâce à un simulateur ou un scanner de simulation, auxquelles peuvent être associées des images d'IRM ou de médecine nucléaire. Ces données anatomiques, jointes aux résultats des examens diagnostiques préalables, vont permettre au radiothérapeute :

- de définir le volume à irradier et de localiser les organes à risque avoisinants qu'il faudra protéger;
- d'établir le plan de traitement du patient (nombre de séances et dose délivrée par séance).

Selon la technique qui sera utilisée pour ce patient, le radiophysicien a ensuite la responsabilité d'établir la balistique du traitement : choix du nombre de faisceaux, de leurs caractéristiques (orientation, énergie, taille des champs), utilisation ou non de modificateurs de faisceaux ou de la modulation d'intensité, etc... Cette balistique est validée par le radiothérapeute.

Après cette étape de planification et de simulation, le traitement peut débuter : il est généralement composé d'un grand nombre de séances (15 à 40) qui s'étalent sur plusieurs semaines (3 à 7), au cours desquelles des contrôles sont réalisés, afin de s'assurer que le traitement effectivement réalisé correspond au traitement planifié.

Schéma simplifié du déroulement d'une radiothérapie (FIG 5).



**FIG 6.** Schéma simplifié du déroulement d'une radiothérapie.

Le traitement réalisé sera conforme au traitement planifié sous réserve que le service maîtrise les différentes étapes décrites précédemment : simulation, planification et traitement.



## المخلص

إن الحاجة إلى اتباع نهج متعدد التخصصات لعلاج أورام المخ الخبيثة معروفة جيداً في الوقت الحالي. اليوم ، يعطي العلاج الإشعاعي نفسه وسيلة لتحديد هدفه بدقة ويترك أنماط الإشعاع القياسية بحثاً عن فعالية علاجية أكبر. في الأورام الحميدة ، سيجعل التقدم الباليستي الأخير من الممكن تمديد ، دون الكثير من التخوف ، مؤشرات على العلاج الإشعاعي بعد الجراحة عندما يكون هناك خطر النكوص. في معظم الحالات ، يعد العلاج الإشعاعي للأورام الدماغية بمثابة عمل لمراكز متخصصة مجهزة تجهيزاً جيداً ، مع سهولة الوصول إلى مرافق التصوير الحديثة وفريق قوي من علماء فيزياء الإشعاع يعتمد عليه تنفيذ التقنيات المتطورة للتشعيع.

## Résumé

La nécessité d'une approche multidisciplinaire pour le traitement des tumeurs cérébrales malignes est actuellement bien admise. Aujourd'hui, la radiothérapie se donne les moyens de définir précisément sa cible et quitte les schémas standards d'irradiation à la recherche d'une plus grande efficacité thérapeutique. Dans les tumeurs bénignes, les progrès balistiques récents permettront d'étendre, sans trop d'appréhension, les indications d'une radiothérapie post-opératoire lorsqu'il existe un risque de récurrence. Dans la plupart des cas, la radiothérapie des tumeurs cérébrales est l'affaire de centres spécialisés bien équipés, ayant un accès facile aux moyens d'imagerie moderne et doté d'une équipe solide de radiophysiciens sur laquelle repose la réalisation des techniques sophistiquées d'irradiation.

## Abstract

The need for a multidisciplinary approach to the treatment of malignant brain tumors is currently well recognized. Today, radiotherapy gives itself the means to precisely define its target and leaves standard radiation patterns in search of greater therapeutic efficacy. In benign tumors, the recent ballistic progress will make it possible to extend, without too much apprehension, the indications of a post-operative radiotherapy when there is a risk of recidivism. In most cases, brain tumor radiotherapy is the business of well-equipped specialized centers, with easy access to modern imaging facilities and a strong team of radiation physicists on which the implementation of sophisticated techniques is based.