

17h00

Optimisation de la radioprotection des patients à la conception des installations médicales

Esther Bouche (Centre d'Imagerie médicale et de cancérologie du Pont Saint Vaast)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE RADIOPROTECTION

24-25 MAI 2018 Palais du Grand Large

7èmes Journées
SUR L'OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION DANS
LES DOMAINES NUCLÉAIRE, INDUSTRIEL ET MÉDICAL

Saint-Malo

Programme prévisionnel
Appel à communications
affichées

Organisées par :
La Section de Protection Technique de la SFRP
Le Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire

SFRP CEPN sfpm

Pôle d'Imagerie et de Cancérologie
du Pont St-Vaast



Esther Bouche
Responsable Equipe de Physique
Centre Léonard de Vinci

Mail : ebouche@clinique-psv.fr
Tel : 03 27 08 60 58

ENJEU - CONTEXTE

Septembre 2016 • Vol. 20 • Suppl. • p. S1-S270 • ISSN 1278-3218

 **Cancer**
Radiothérapie

Journal de la Société Française de Radiothérapie Oncologique



Recorad :
Recommandations pour
la pratique de la radiothérapie
externe et de la curiethérapie

Sous la direction :
Pr Marc-André Mahé, past-président de la SFRO
Pr Isabelle Barillot, présidente de la SFRO

Coordination finale :
Dr Delphine Antoni
Dr Bruno Chauvet
Pr Philippe Giraud
Dr Thomas Leroy
Dr Albert Lisbona
Pr Philippe Maingon
Dr Philippe Martin
Pr Jean-Jacques Mazeron
Pr Françoise Mornex

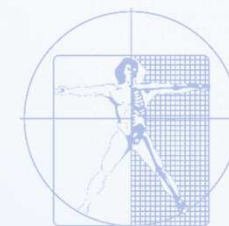
Recorad : chapitre 1

Recommandations en radiothérapie externe et curiethérapie
(Recorad) : 2^e édition

Guidelines for external radiotherapy and brachytherapy: 2nd edition

M.-A. Mahé^{a,*,b}, I. Barillot^{a,c}, B. Chauvet^{a,d}

La problématique de la radioprotection des patients en radiothérapie présente plusieurs particularités par rapport à l'imagerie, dont la principale est son utilisation à **visée thérapeutique** et non diagnostique à des doses supérieures d'un facteur 10^3 à 10^4 chez des patients dont le risque vital est engagé. De ce fait, l'optimisation doit répondre au double objectif de délivrer une dose tumoricide à la tumeur et protéger au mieux les organes critiques. Outre la dose délivrée à titre thérapeutique, doivent être pris en compte la dose délivrée par l'imagerie de contrôle de positionnement, variable selon l'appareillage utilisé, et le fait que les techniques de haute précision (radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité, radiothérapie stéréotaxique) peuvent délivrer des doses de niveau faible dans des volumes étendus qui comportent potentiellement un risque faiblement accru de survenue d'un second cancer en territoire irradié.





Record : chapitre 2

Processus du traitement par irradiation^{*}

The irradiation process

I. Barillot^a, B. Chauvet^b, J.M. Hannoun Lévi^c, A. Lisbona^d, T. Leroy^e, M.A. Mahé^{d,*}

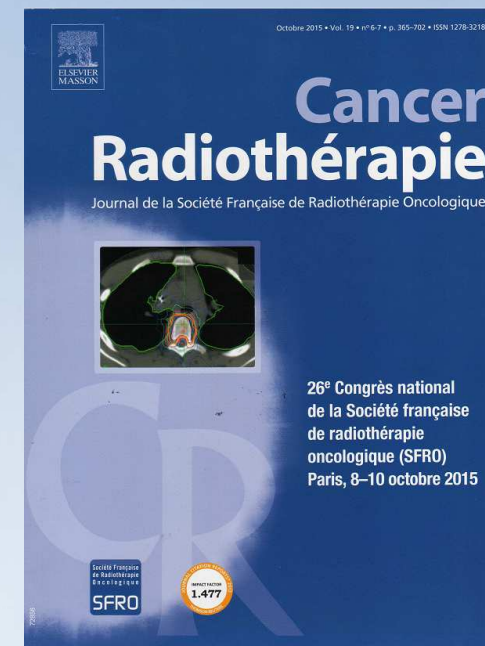
2.1.1.6.3. Radiothérapie en conditions stéréotaxiques. La radiothérapie en conditions stéréotaxiques est une radiothérapie le plus souvent hypofractionnée extrême, à dose ablative², préparée et réalisée avec une précision de positionnement millimétrique, avec contrôle de la cible et de ses mouvements. Sur le plan dosimétrique, elle se caractérise par un gradient de dose très étroit recherché en dehors du volume cible.

Cette précision requiert un repositionnement très précis du patient avec des systèmes d'imagerie de basse énergie (kV) ou des systèmes optiques, compte tenu du niveau de dose et du gradient très étroit entre le volume cible et les tissus sains. Les équipements (table de traitement, accélérateur) et les moyens de contention doivent être adaptés à cette précision pouvant, pour des cibles mobiles avec la respiration, associer un contrôle de la respiration (*gating*³) ou des systèmes de suivi de la position tumorale avec adéquation en temps réel du faisceau à la cible (*tracking*⁴).

Les indications recommandées les plus fréquentes sont : les tumeurs pulmonaires primitives et secondaires de petit volume (inférieures à 5 cm de diamètre le plus souvent), les tumeurs du rachis et (para)médullaires, les petites tumeurs hépatiques (inférieures à 5 cm de diamètre le plus souvent) primitives et secondaires, les métastases vertébrales et ganglionnaires, les tumeurs intracrâniennes bénignes ou malignes et les réirradiations et compléments de dose focalisés.

1

2



Radiothérapie hypofractionnée : quelles sont les règles à suivre ?

Which rules apply to hypofractionated radiotherapy?

S. Supiot^{a,*,b,c}, K. Clément-Colmou^{a,b,c}, F. Paris^{b,c}, I. Corre^{b,c}, S. Chiavassa^{b,c,d}, G. Delpon^{b,c,d}

L'irradiation hypofractionnée à dose totale faible est réalisée en routine pour de multiples indications, notamment palliatives. Une irradiation hypofractionnée à forte ou très forte dose totale et/ou par fraction doit être conduite dans le respect de contraintes strictes puisque chaque déviation millimétrique mineure de la géométrie du traitement peut entraîner des variations majeures de délivrance de dose au volume tumoral et aux organes sains proches. Une vigilance majeure doit être portée à chaque étape du traitement, depuis la prescription de la dose et des contraintes aux organes à risque jusqu'aux multiples vérifications du respect de la prescription et du repositionnement durant le traitement. L'irradiation hypofractionnée à fortes doses implique donc des équipes maîtrisant parfaitement la chaîne complète de la radiothérapie. Une

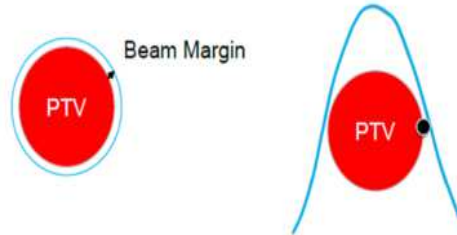
ENJEU DOSIMETRIQUE DE LA STEREOTAXIE

Traitement dit « classique »



Marge fx $\sim$ pénombre
Homogénéité + faible gradient

Stéréotaxie



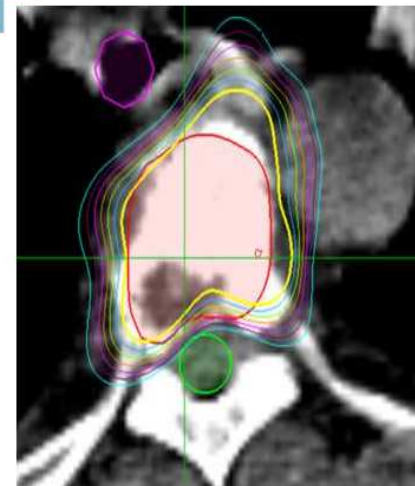
Marge fx $\ll$ pénombre
Hétérogénéité + fort gradient

FFF = Flattening Filter Free :
sans cône égalisateur

3

Dans le cas de la stéréotaxie, la marge choisie devra être plus faible que la pénombre pour augmenter l'intensité du gradient sur les bords du PTV

PTV = Planning Target Volume



■ Marges réduites

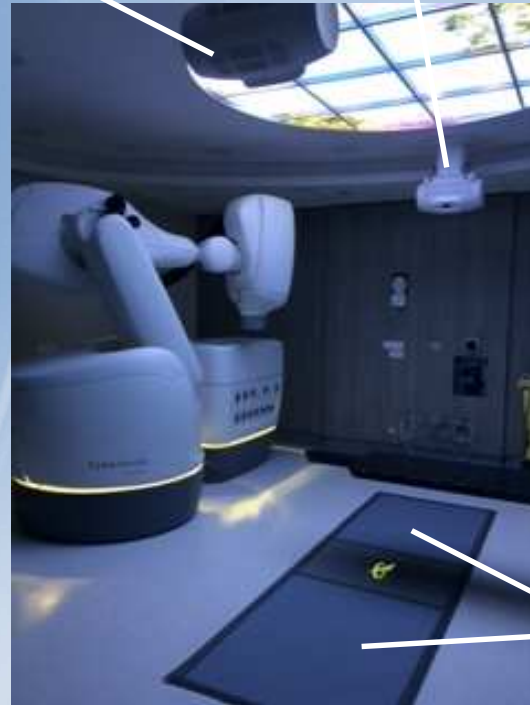
■ Forts gradients de dose

Dans le cas des traitements de stéréotaxie, l'objectif sera d'obtenir des marges réduites et des forts gradients de dose.

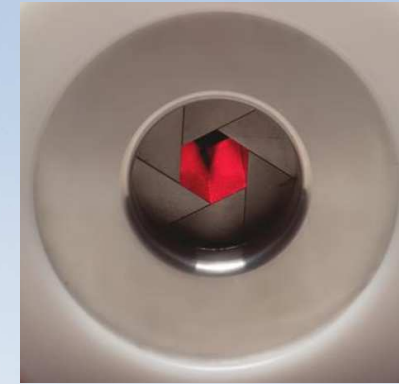
Tubes kV A & B pour imagerie de contrôle



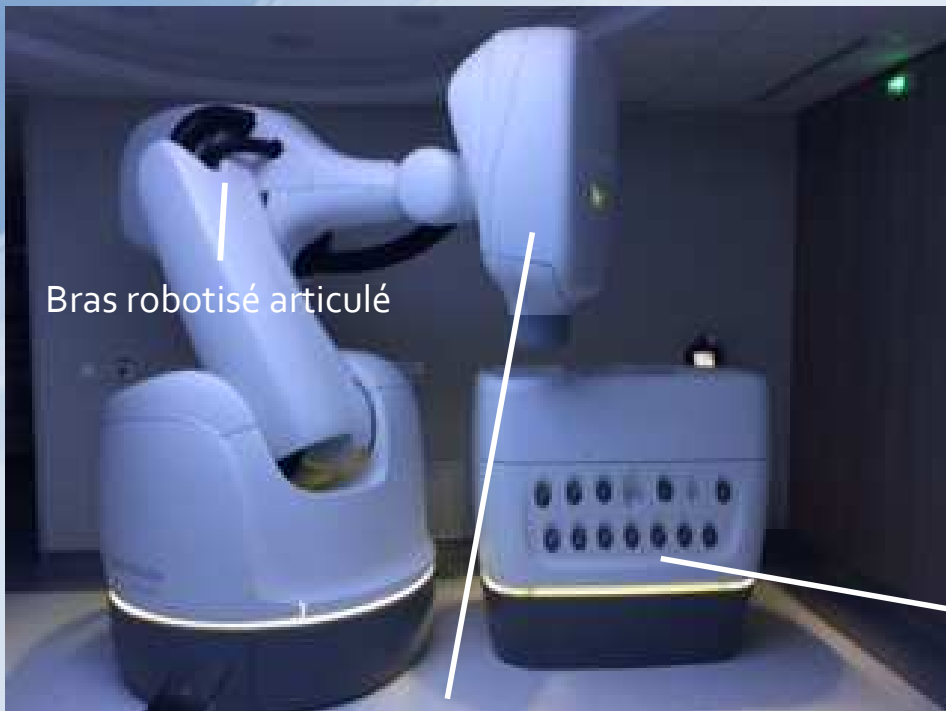
RoboCouch



Détecteurs d'imagerie kV



IRIS : 5,7.5,10,12.5,15,20,25,30,35,40,50,60 mm



Bras robotisé articulé

Accélérateur linéaire 6MV - 1000 UM/min

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3}$$

=

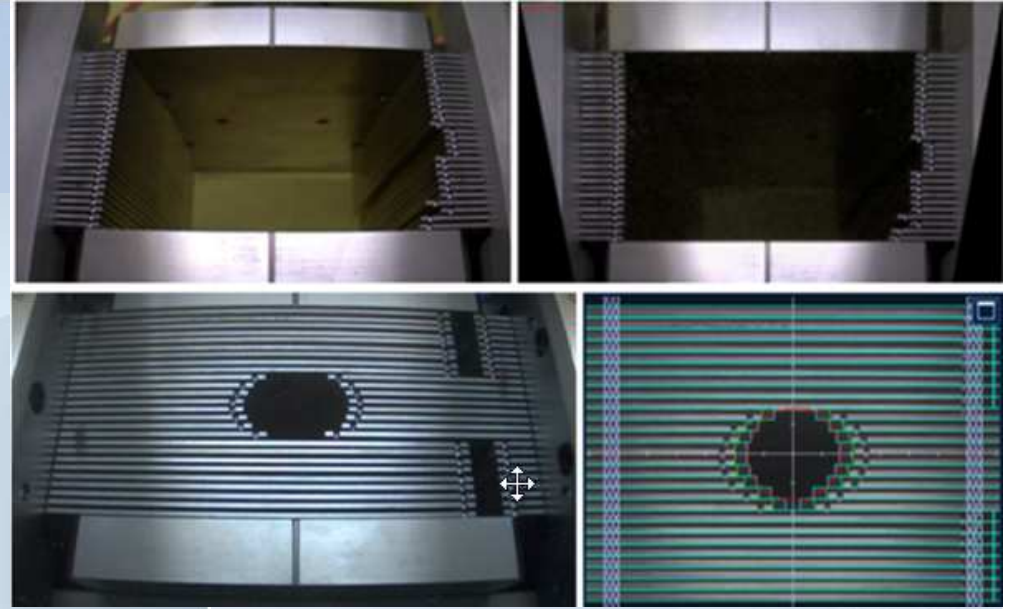
CYBER KNIFE

X Change table : collimateurs fixes, tête IRIS

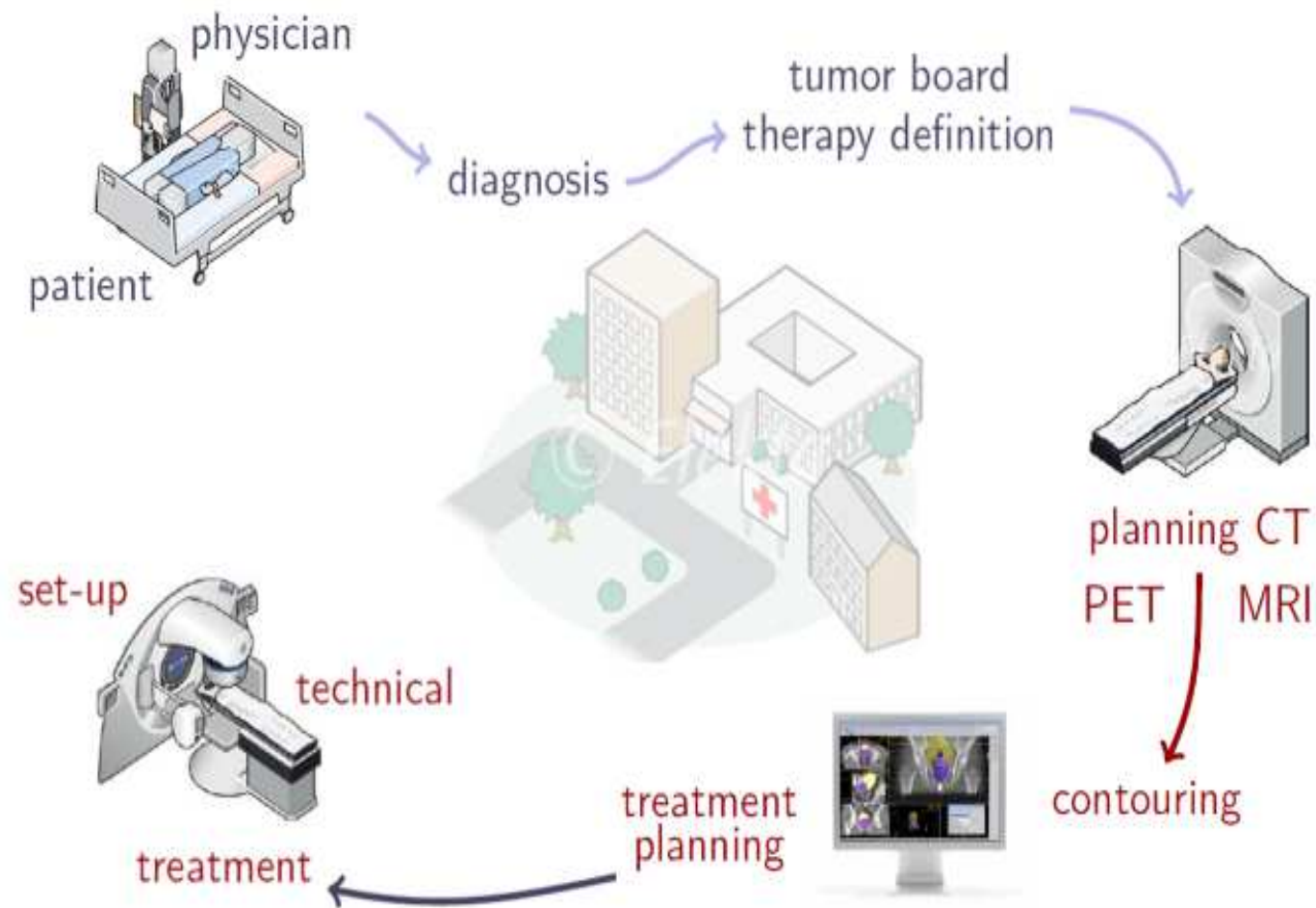


www.clinique-psv.fr

LE MLC du CYBER-KNIFE

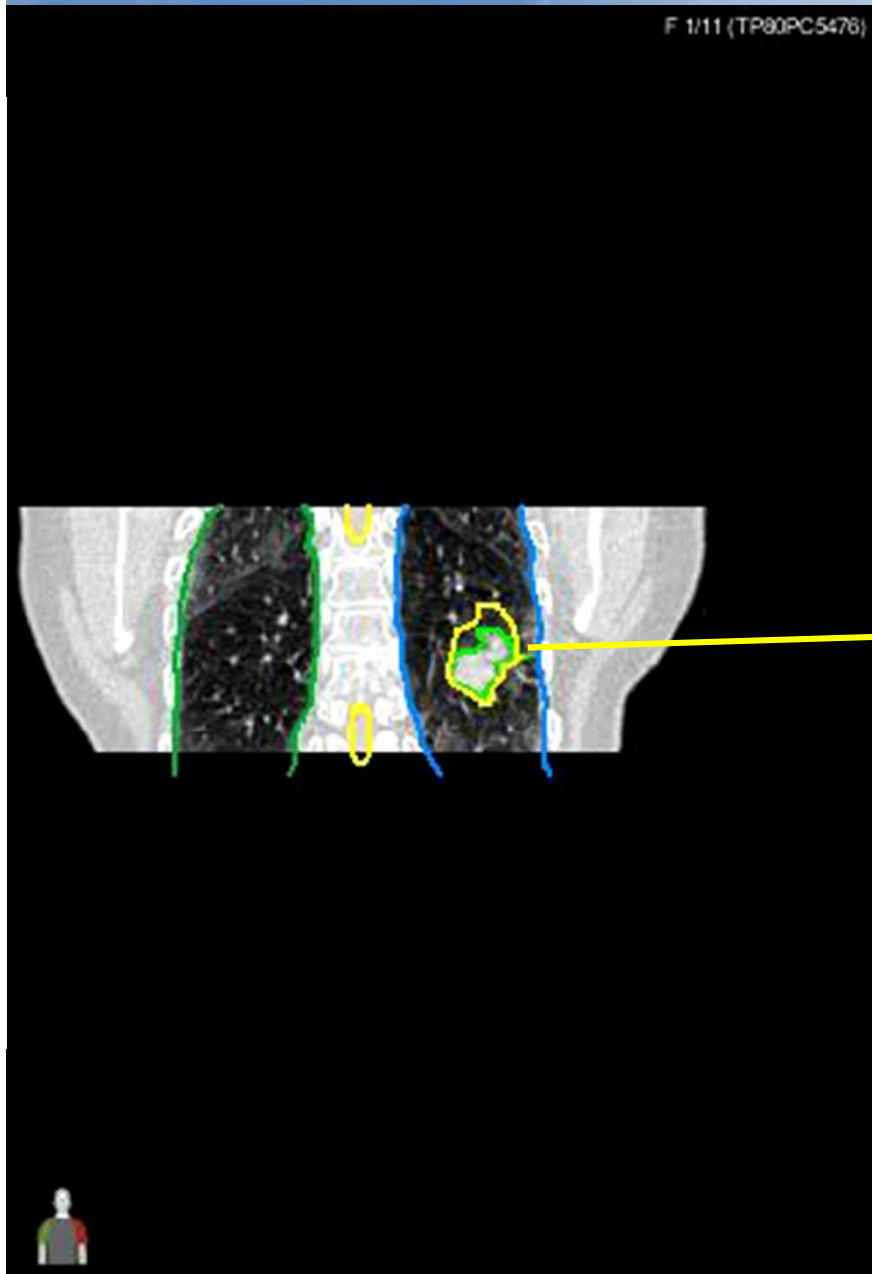


ETAPES DE PREPARATION AUX TRAITEMENTS



Chaque étape de la préparation et du traitement en radiothérapie va introduire des incertitudes qu'il faut prendre en compte pour arriver à la délivrance de la dose avec la précision souhaitée.

LE CENTRAGE SCANNER 4D

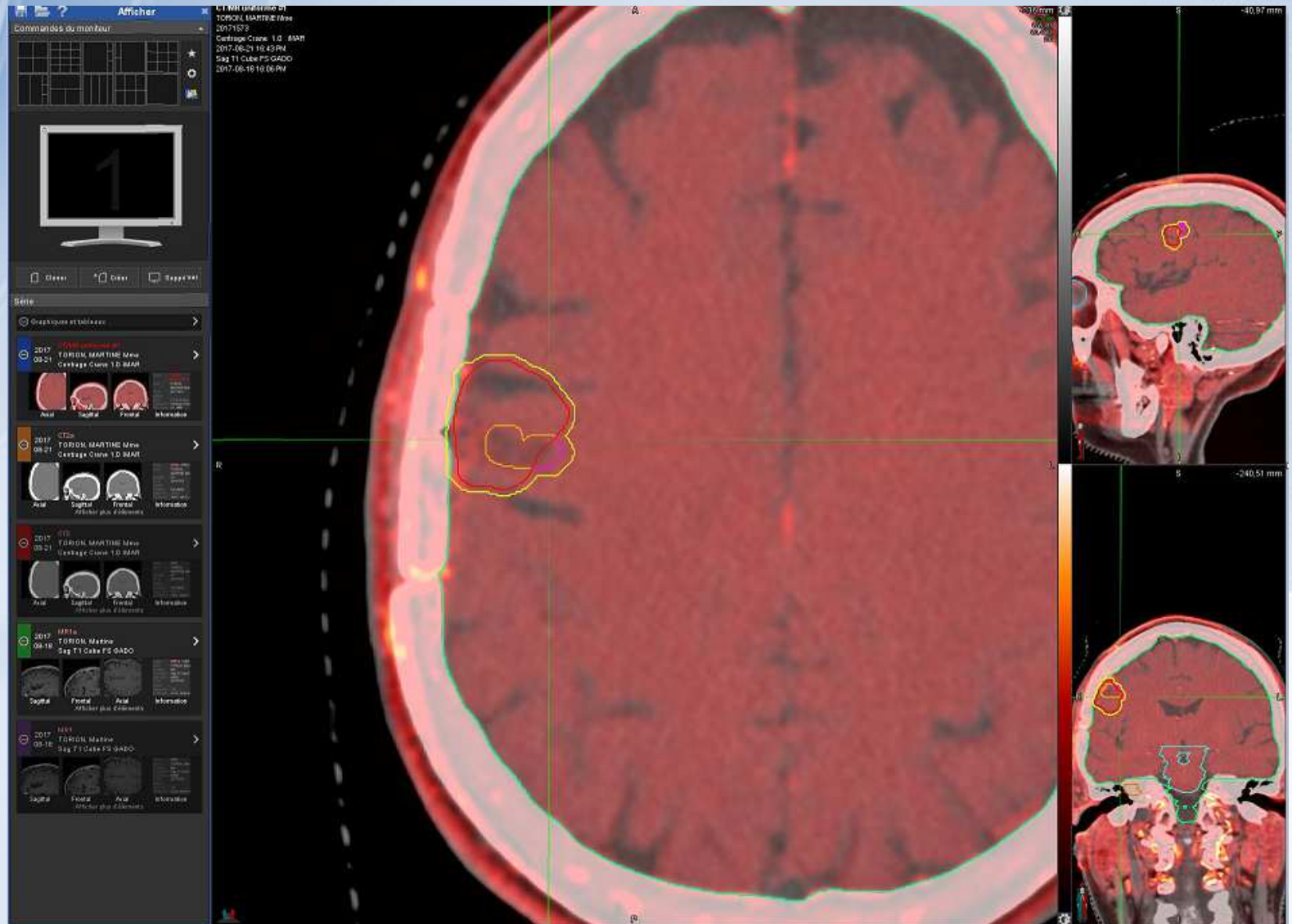


CONTOURAGE et FUSION d'IMAGES MULTIMODALITES

La délinéation des organes environnant le volume cible permet de les protéger d'un excès de dose et d'éviter les complications

La fusion d'image permet la délinéation précise du volume cible parfois non visible en scanner nécessaire lui aux calculs de dose

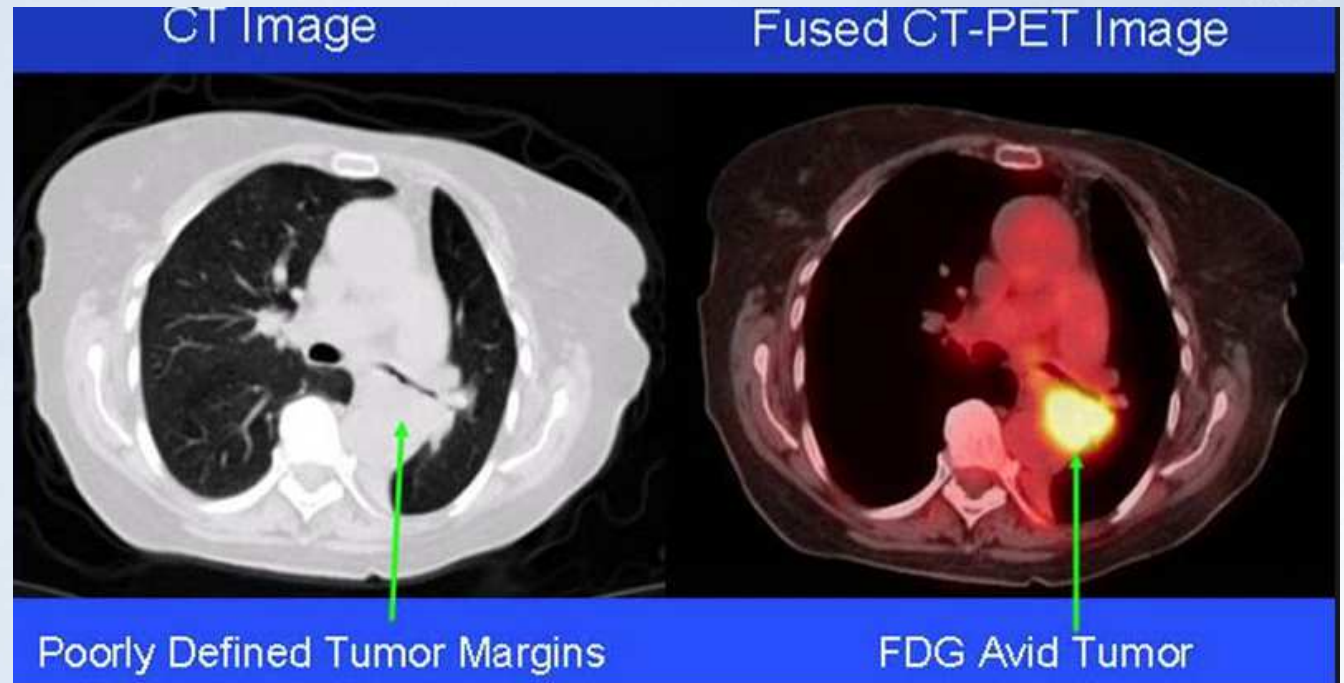
Importance de l'épaisseur de coupe pour la délinéation et la qualité du recalage des Images : coupes 1 mm



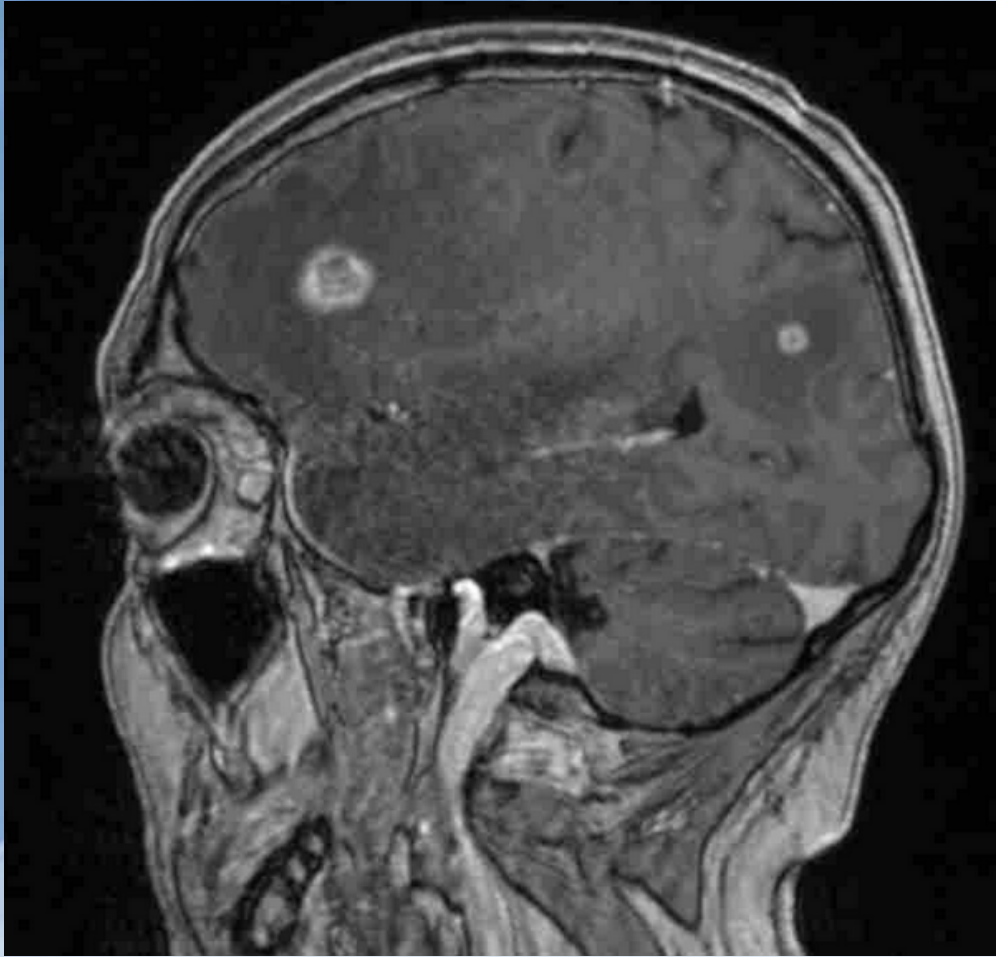
CONTOURAGE et FUSION d'IMAGES MULTIMODALITES



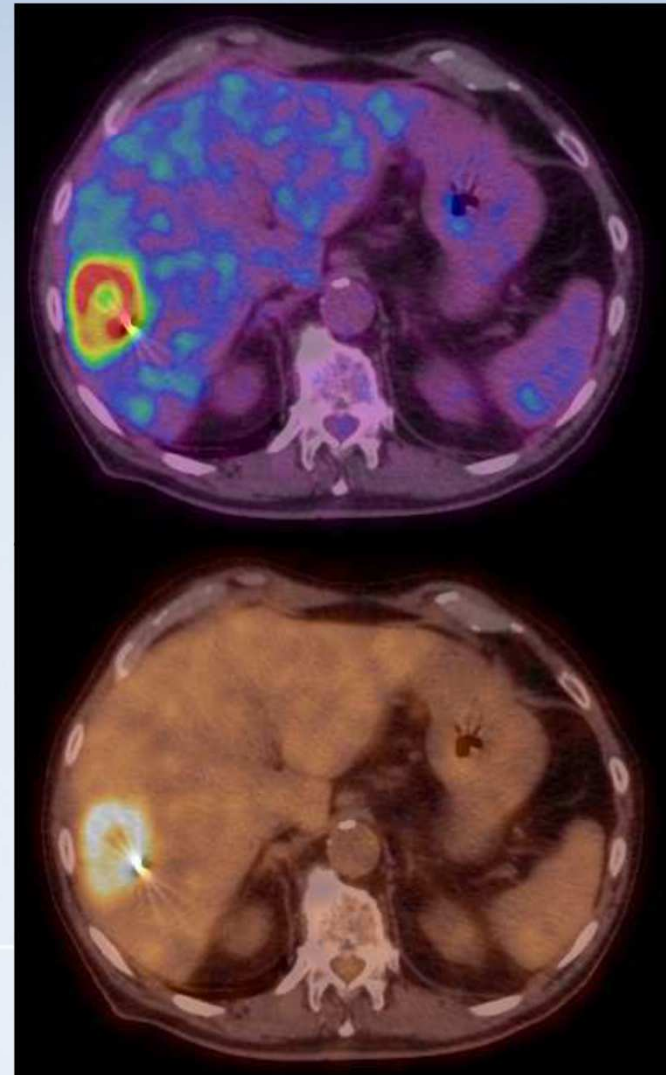
TEP SCAN



CONTOURAGE et FUSION d'IMAGES MULTIMODALITES

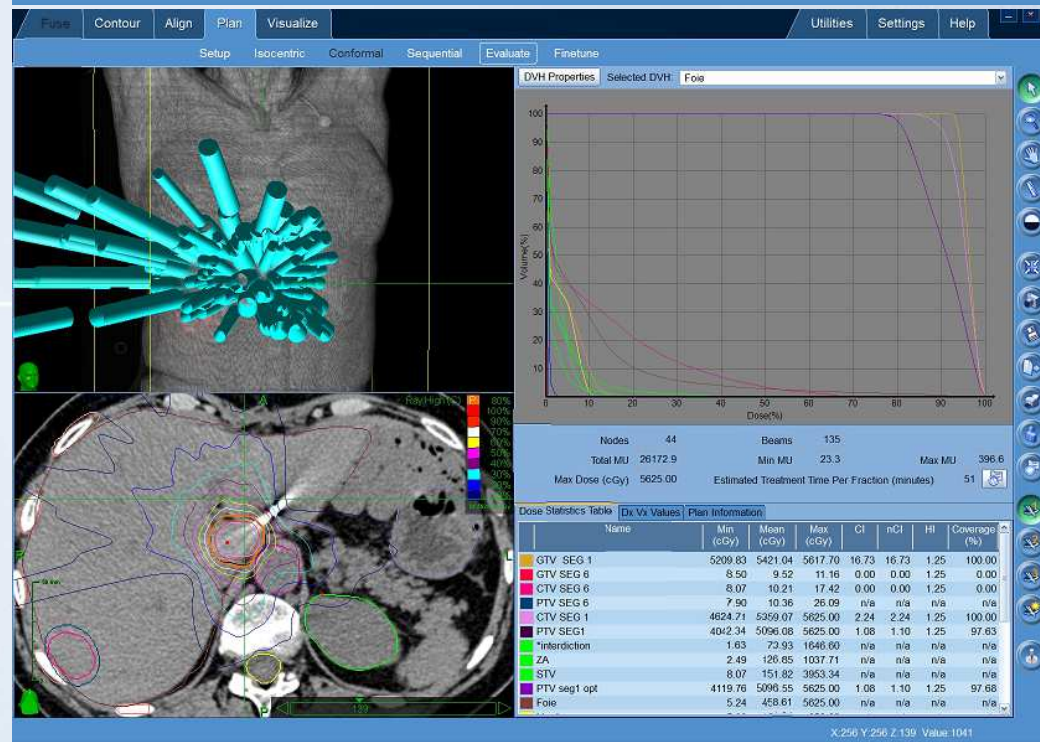
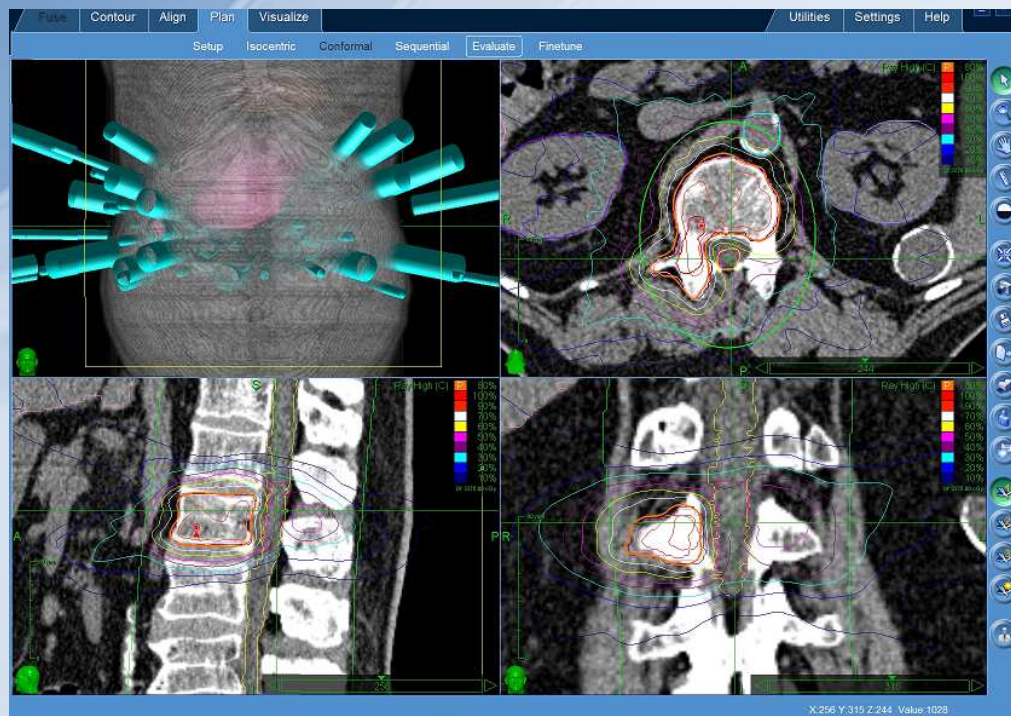
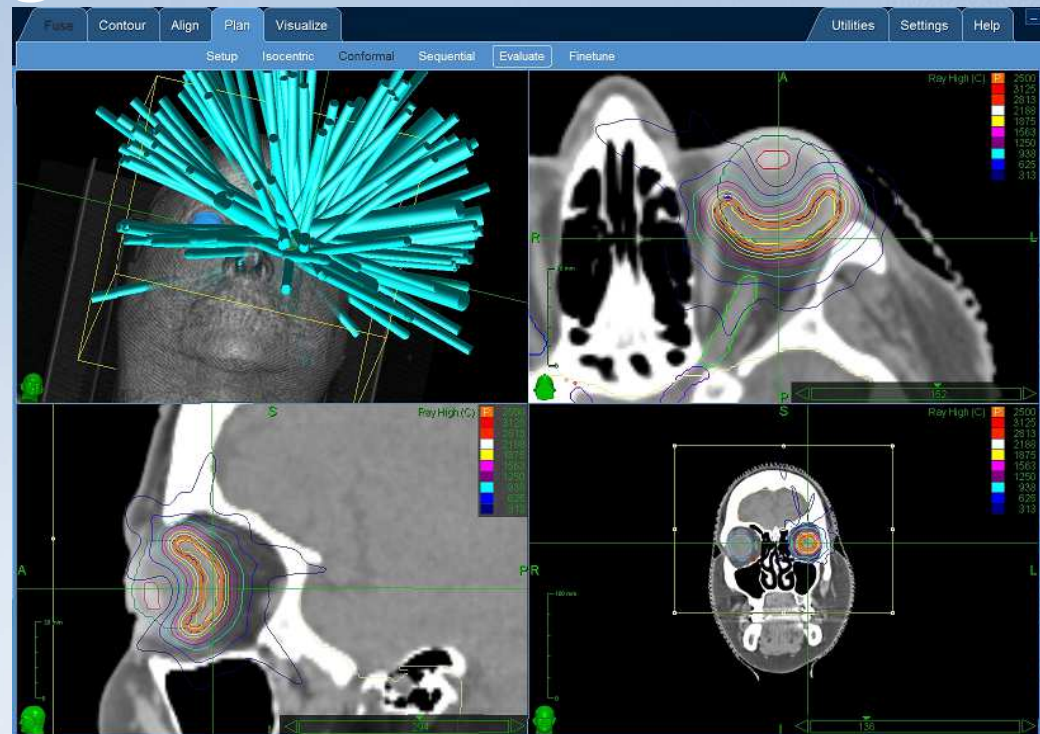
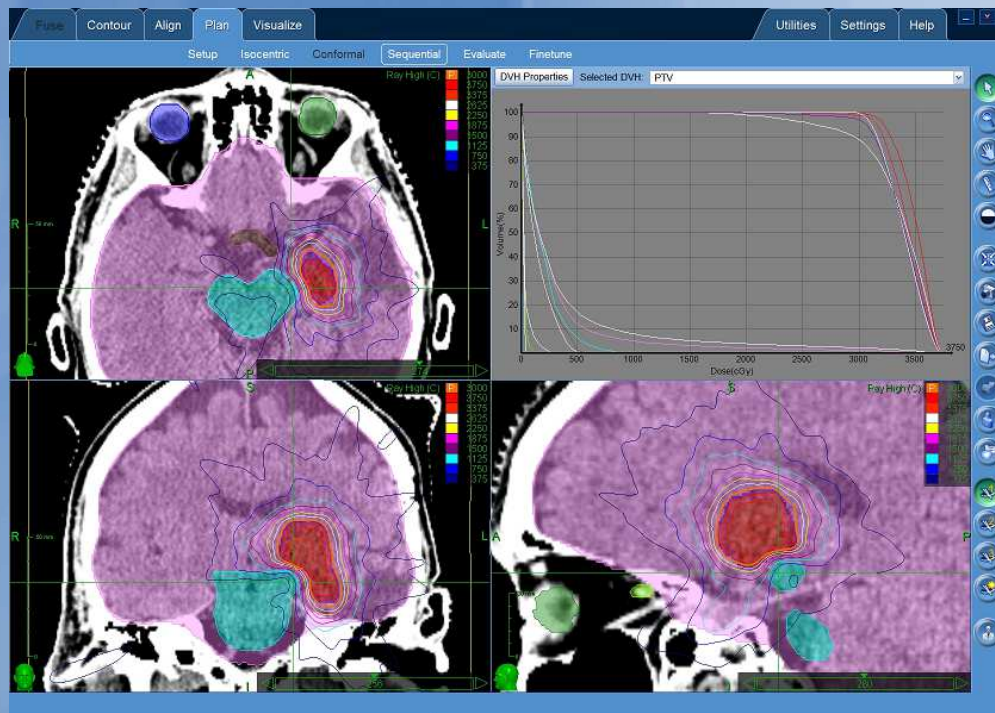


Apport de l'IRM dans les précisions des volumes

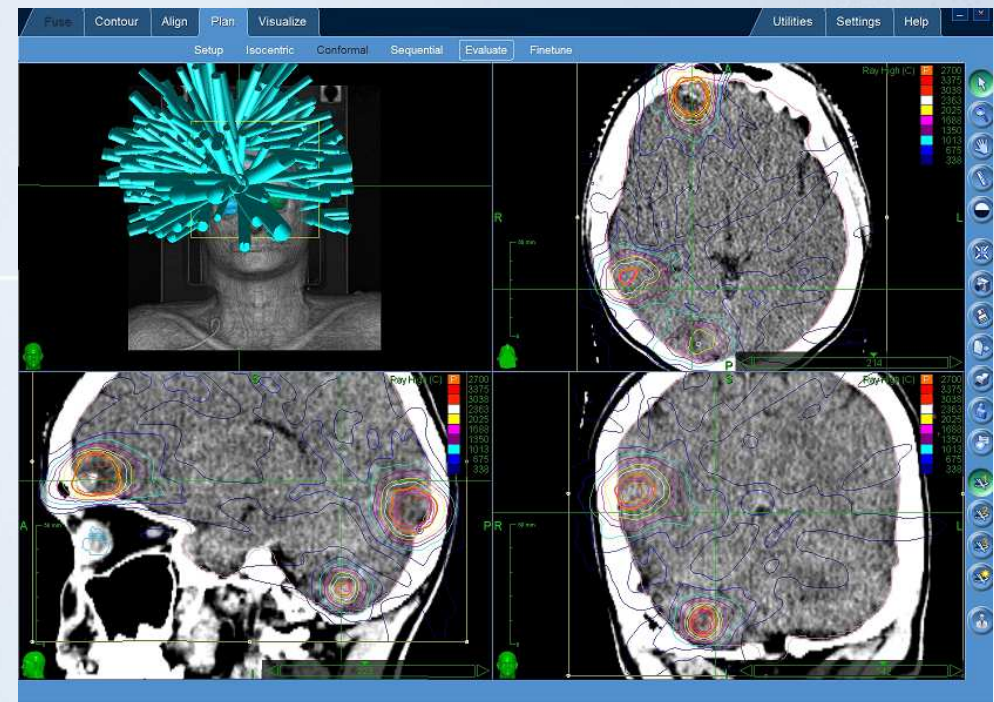
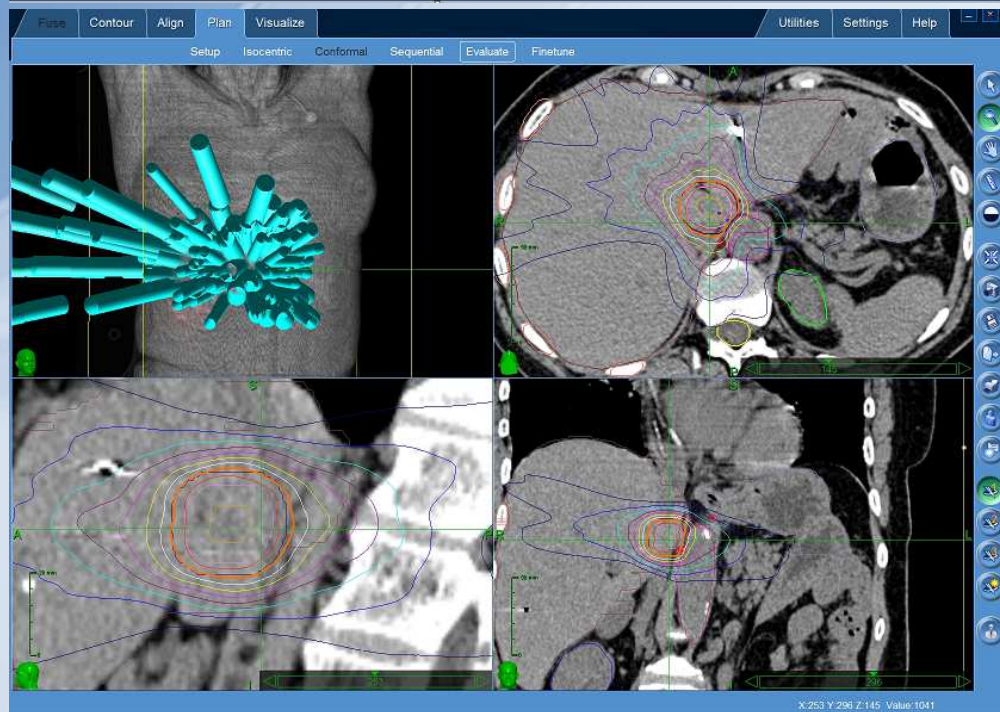
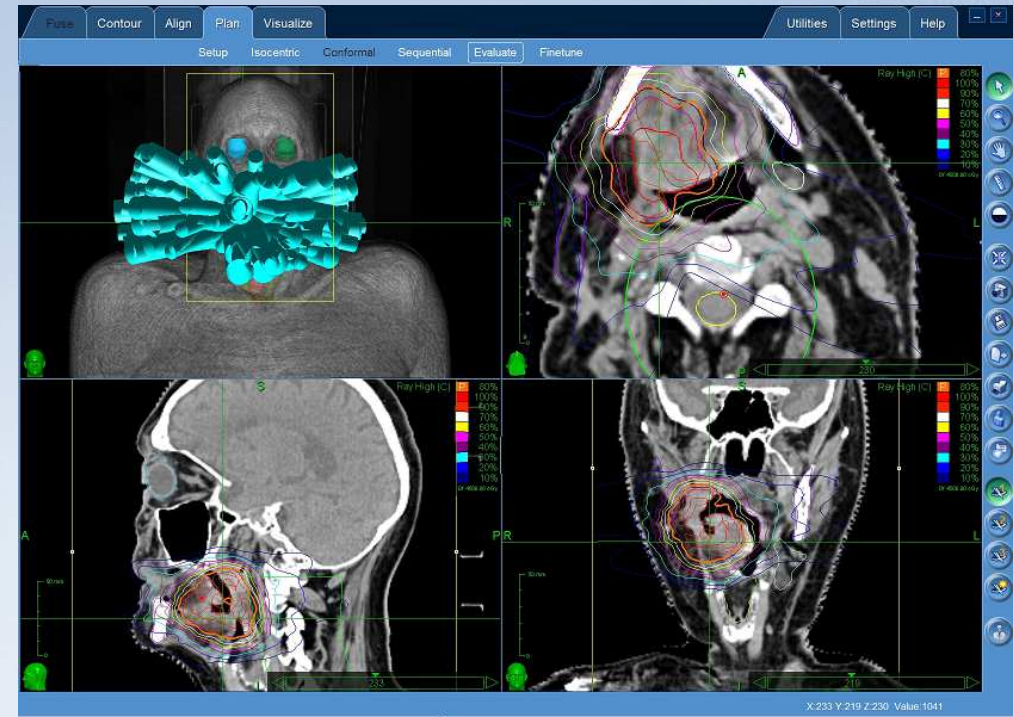
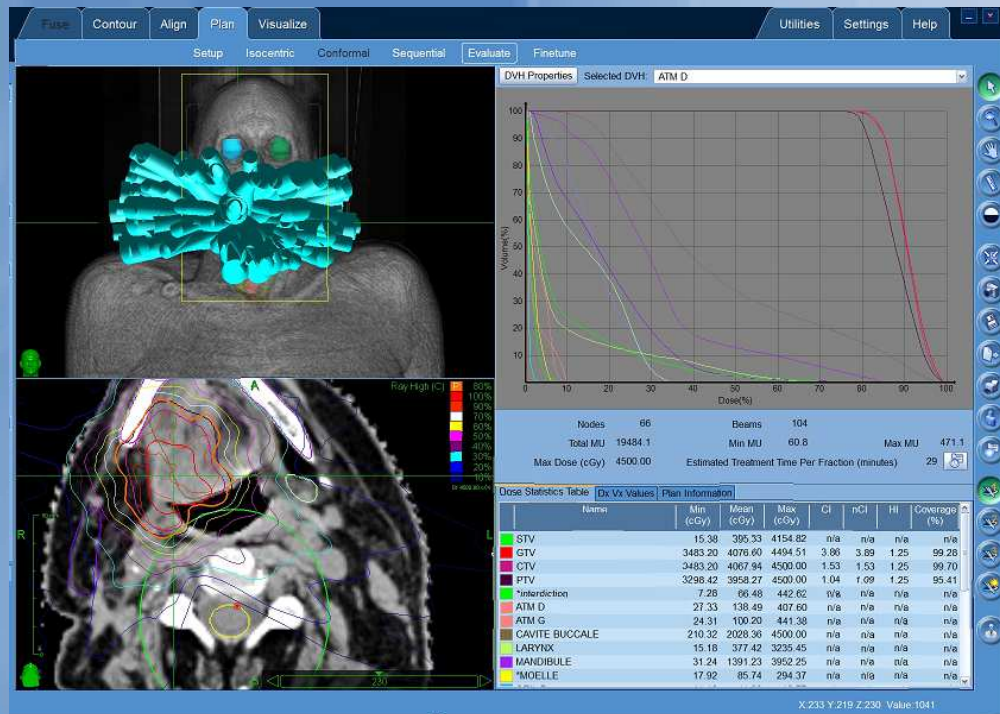


Fusion d'image TEP et scanner dosimétrique pour une radiothérapie stéréotaxique hépatique

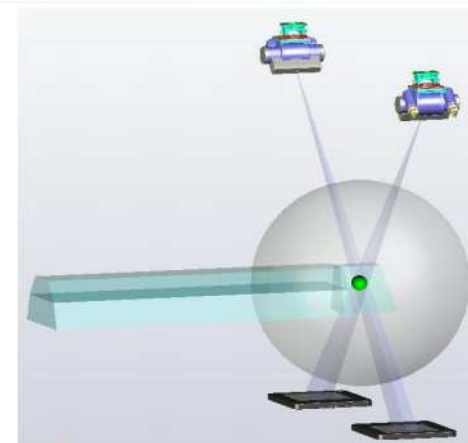
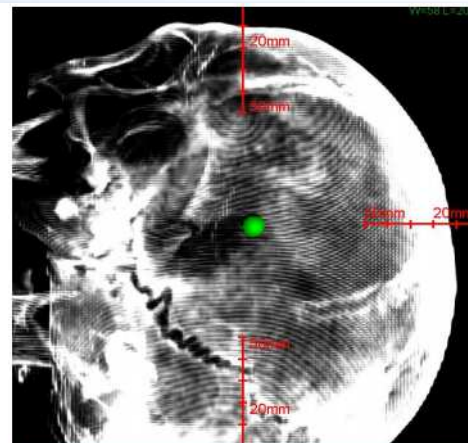
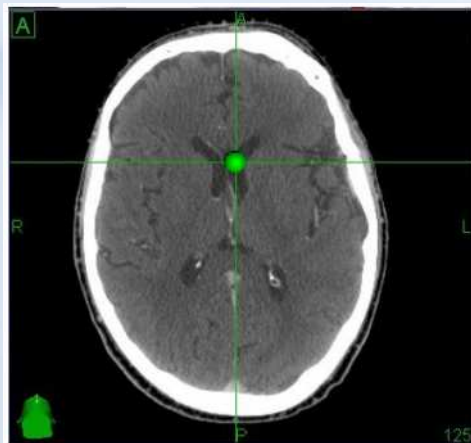
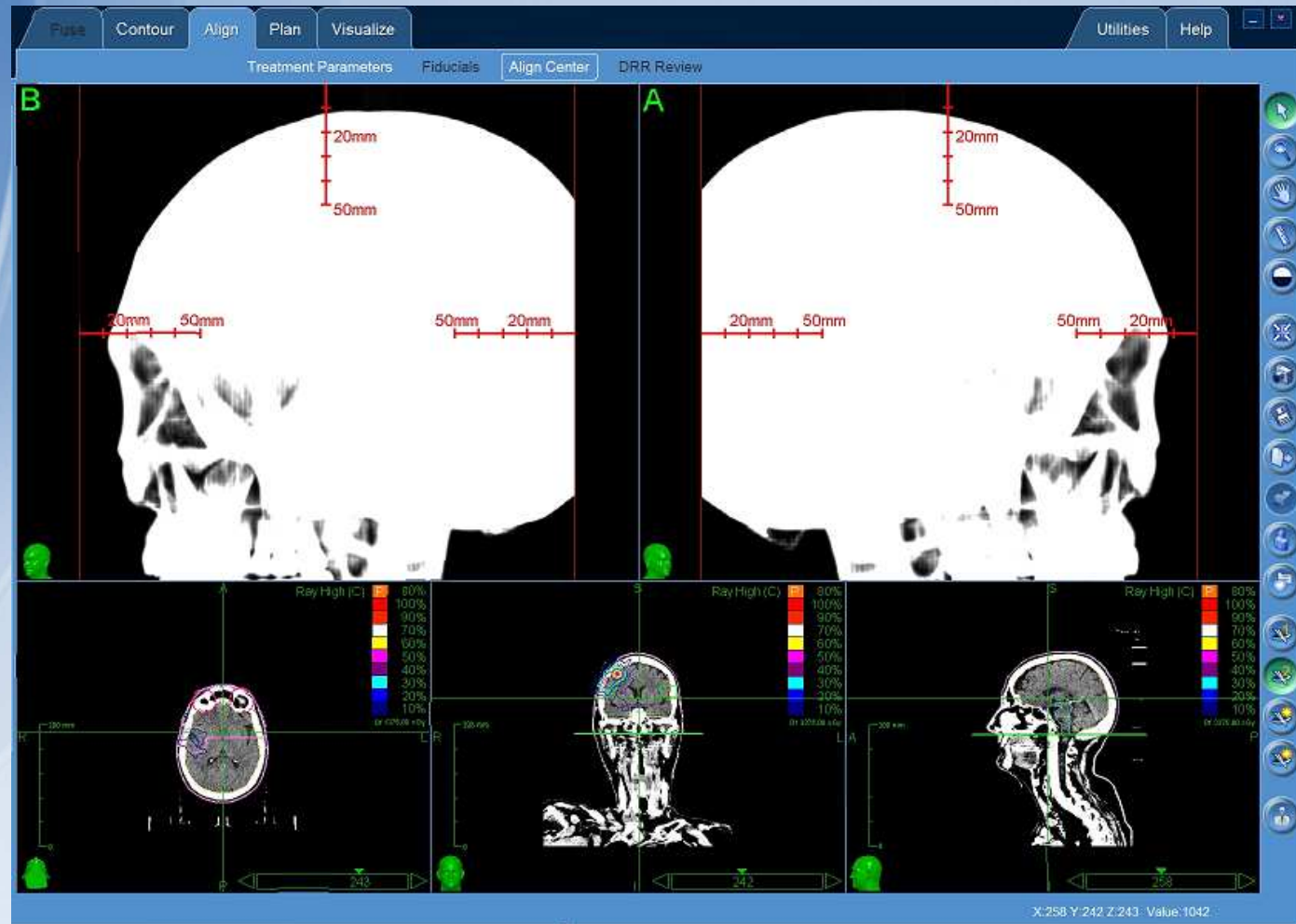
LA DOSIMETRIE SUR LE TPS



LA DOSIMETRIE SUR LE TPS

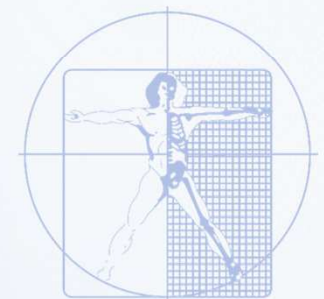
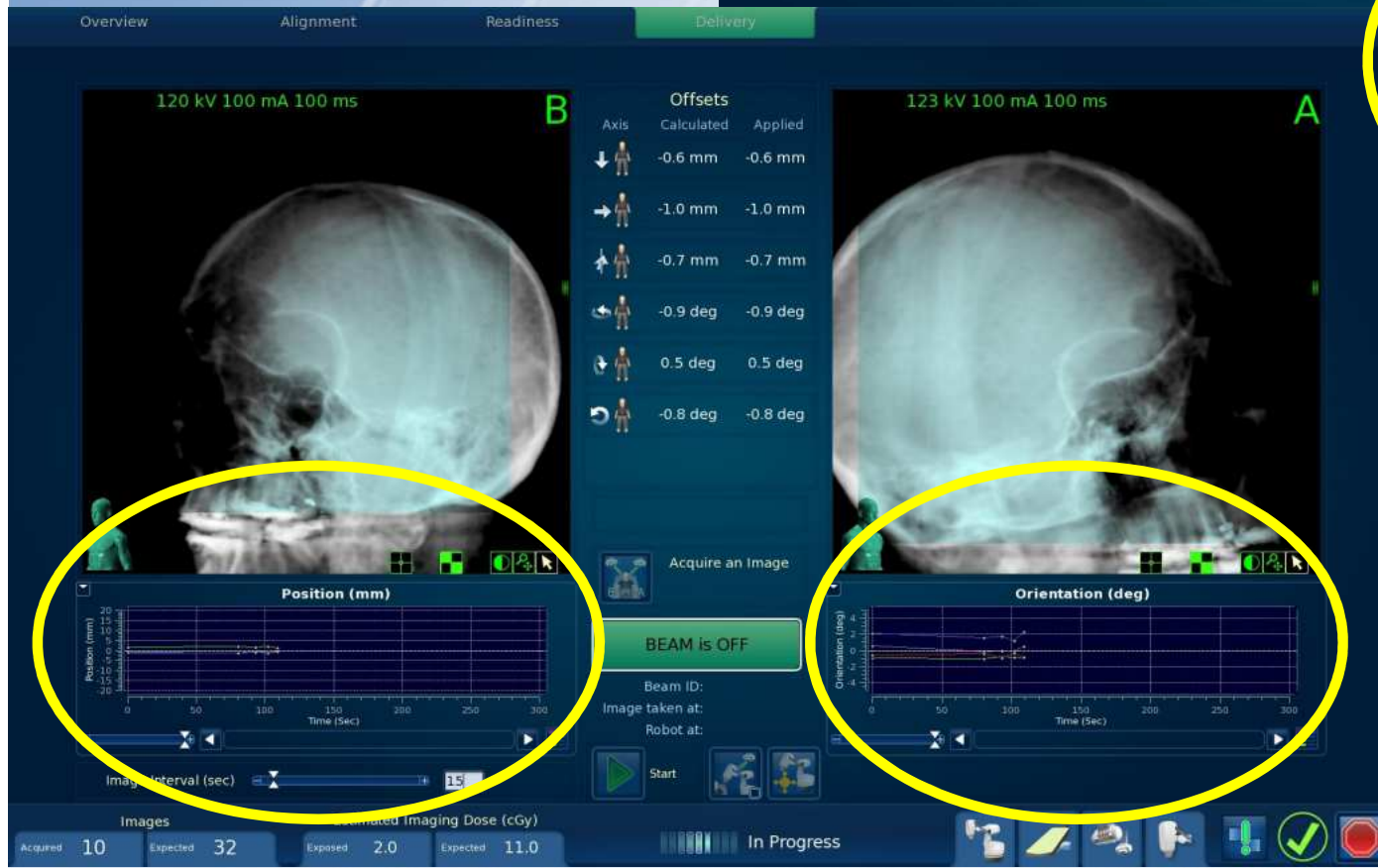
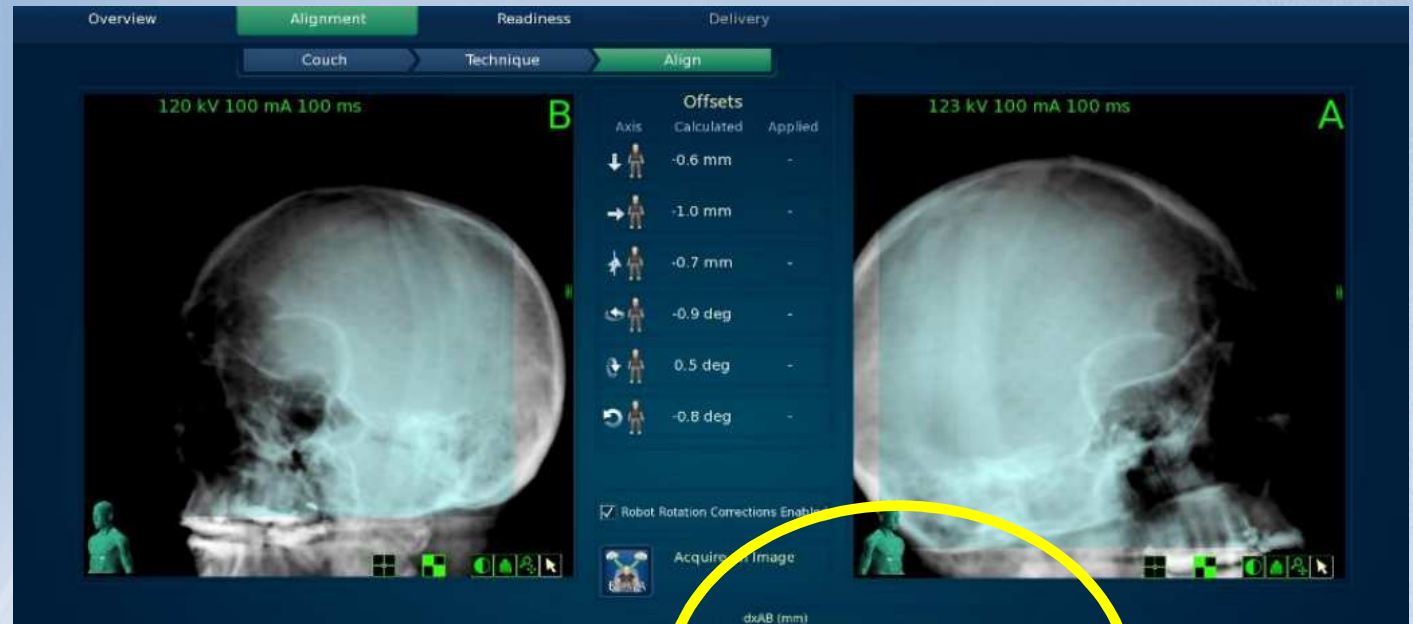


LE TRAITEMENT EN TRACKING : 6D SKULL

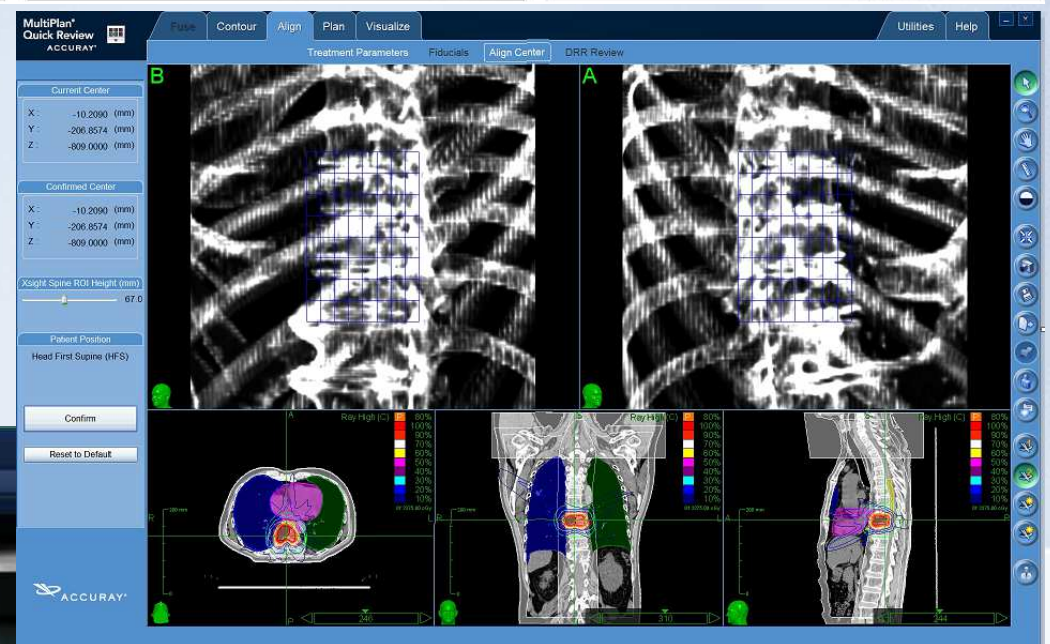
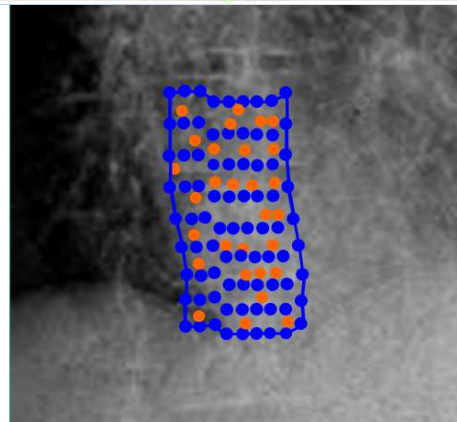
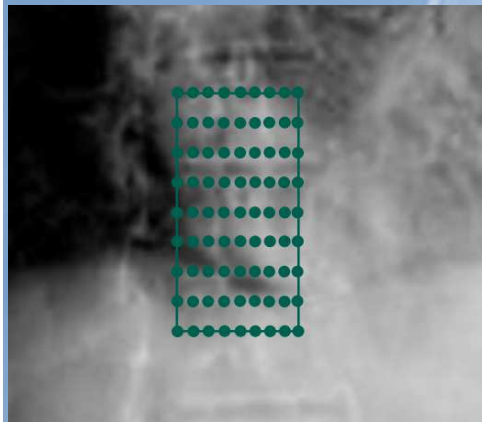
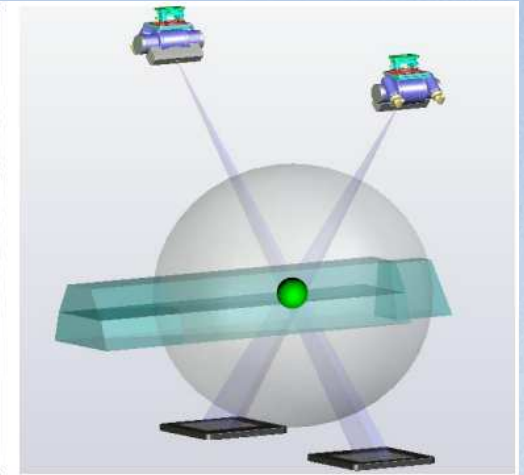
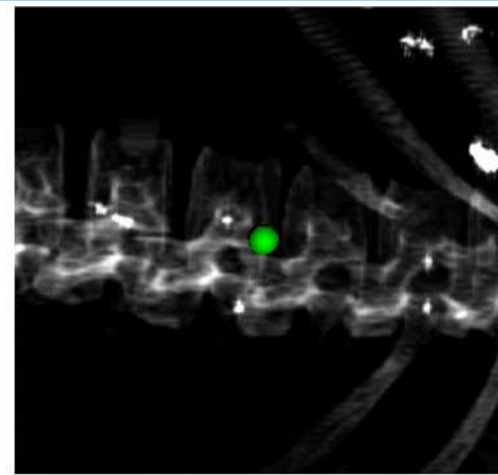
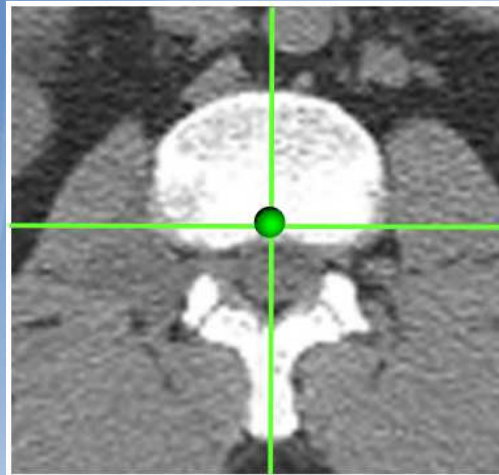


LE TRAITEMENT EN TRACKING : 6D SKULL

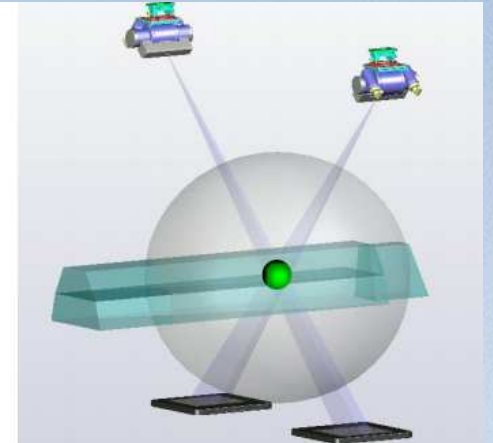
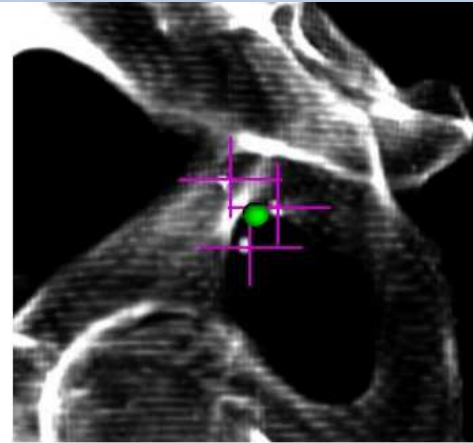
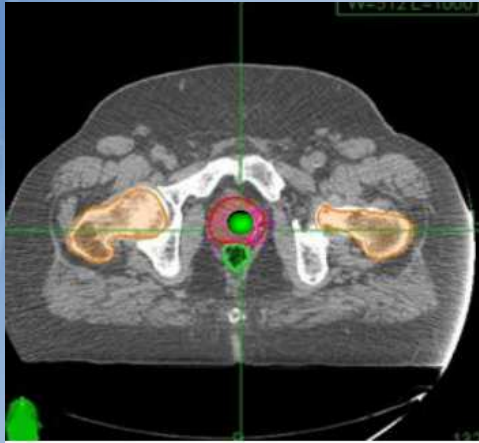
SUIVI DE PARAMETRES EN COURS DE TRAITEMENT



LE TRAITEMENT EN TRACKING : X SIGHT SPINE



LE TRAITEMENT EN TRACKING : FIDUCIELS



Tracking Range (mm) 10.0

dxAB (mm) 0.5

Uncertainty (%) 12.5

Rigid Body (mm) 1.5

Collinearity (deg) 84.1

Spacing (mm) 32.8

Fiducials ☒ F 1 ☒ F 2 ☒ F 3

MultiPlan® Quick Review ASSURAY

Fuse Contour Align Plan Visualize Treatment Optimization Export



MultiPlan[®] Quick Review
ACCURAY[®]

Current Center

X: -11.8524 (mm)
Y: -328.8174 (mm)
Z: -855.1855 (mm)

Confirmed Center

X: -11.8524 (mm)
Y: -328.8174 (mm)
Z: -855.1855 (mm)

Patient Position
Head First Supine (HFS)

Treatment Parameters **Fiducials** **Align Center** **DRR Review**

B **A**

Ray High (C)

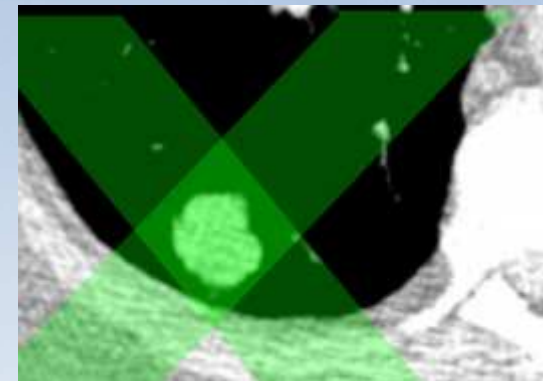
75% 100% 90% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% 40.000000

75% 100% 90% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% 40.000000

75% 100% 90% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% 40.000000

ACCURAY[®]

LE TRAITEMENT EN TRACKING : X SIGHT LUNG

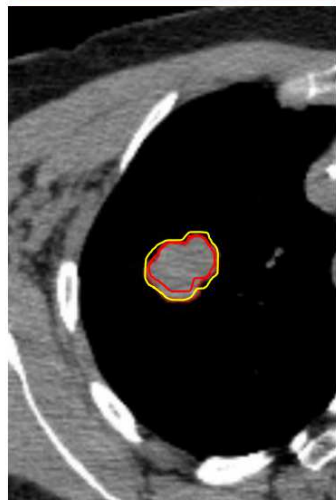


2 VIEW
1 VIEW A
1 VIEW B
0 VIEW



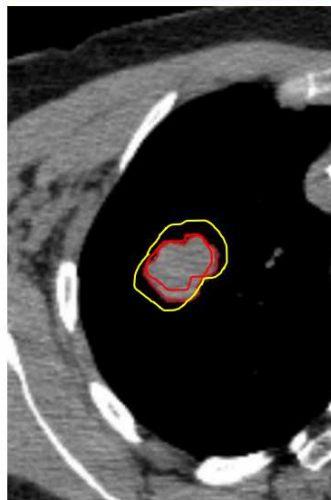
Xsight® Lung Tracking

Radiosurgical margins



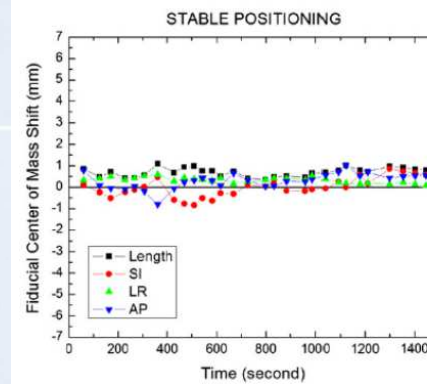
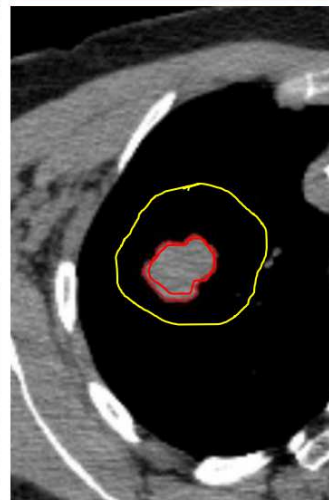
1-View Tracking

ITV expansion in non-tracked direction

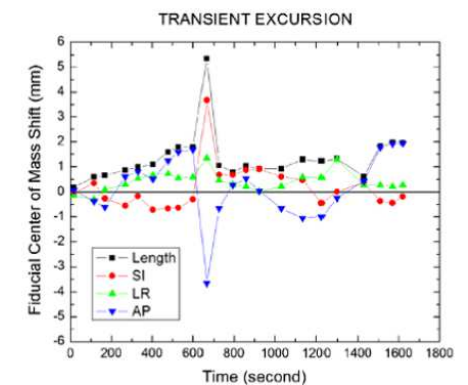


0-View Tracking

ITV expansion in all directions



Fast Slow

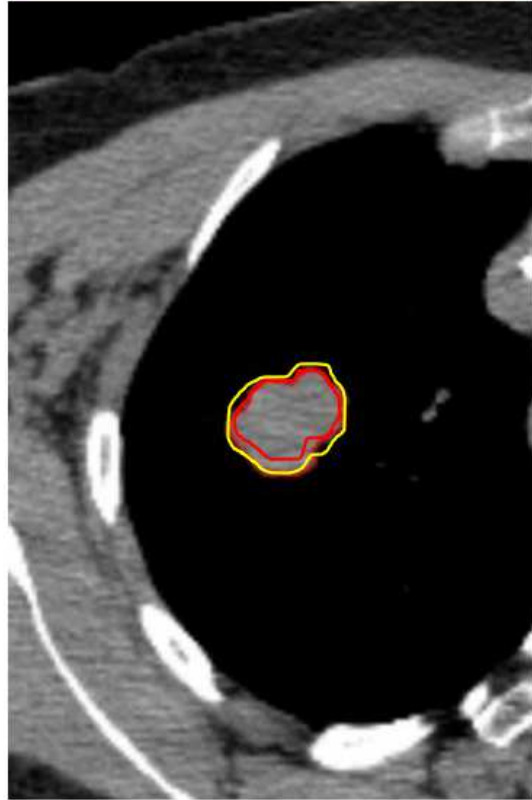


Fast Slow Fast Slow

LE TRAITEMENT EN TRACKING : X SIGHT LUNG

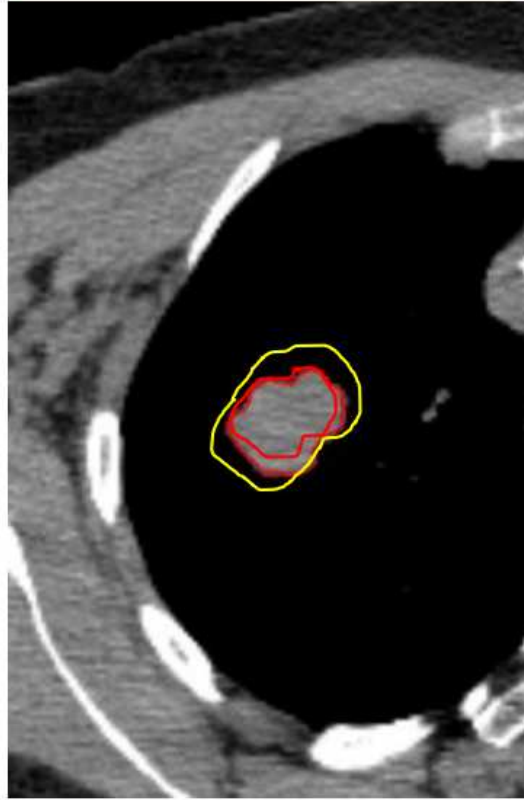
Xsight® Lung Tracking

Radiosurgical margins



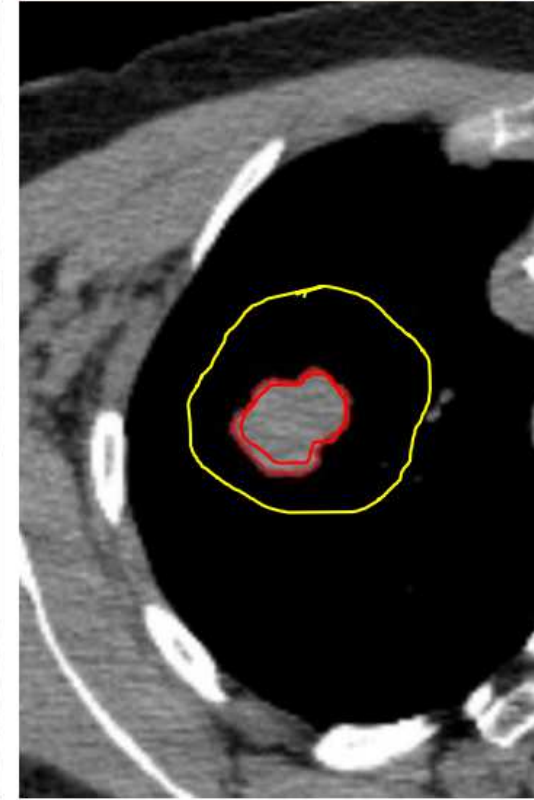
1-View Tracking

ITV expansion in non-tracked direction



0-View Tracking

ITV expansion in all directions



L'ENJEU D'EPARGNE DES TISSUS SAINS



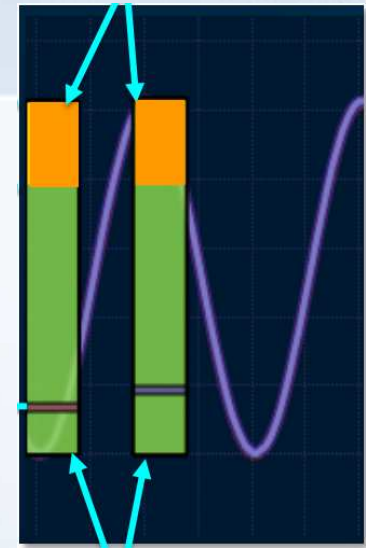
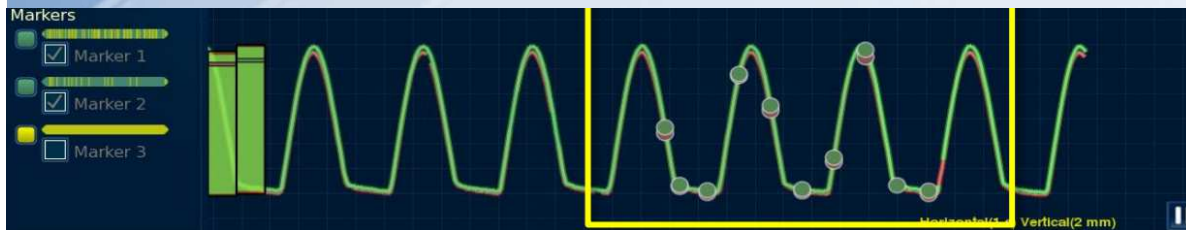
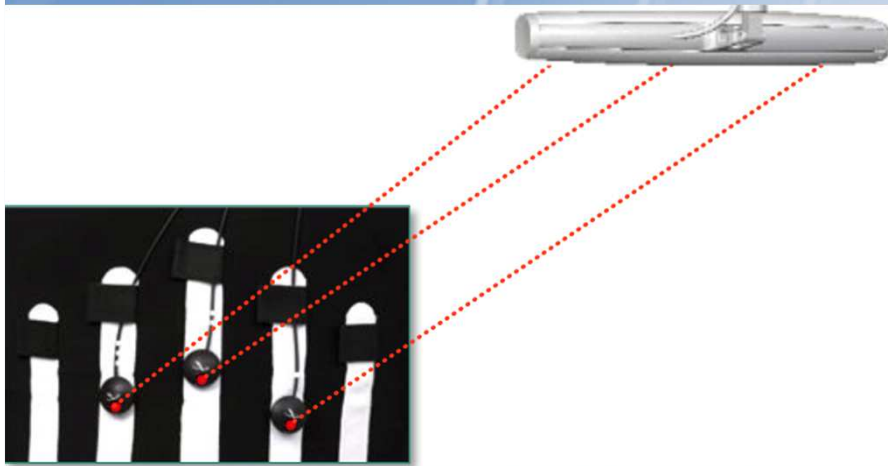
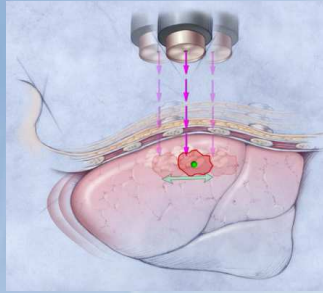
www.clinique-psv.fr



L'ENJEU D'EPARGNE DES TISSUS SAINS



LE TRAITEMENT EN TRACKING : X SIGHT LUNG



LE TRAITEMENT EN TRACKING : X SIGHT LUNG

No Photo Available

First Name: FAKE_DATA, M
Last Name: LUNG
Medical ID: 1833054853

Plan Name: LUNG
MU: 0.00 / 20475.00
Treatment Site: Lung

Orientation: Head First Supine
Tracking Method: Xsight Lung Synchrony
Mode: Phantom

CyberKnife
ACCURAY

HV is OFF

BEAM is OFF

Beam Delivery

Beam MU: 0.00/0.00
Fraction MU: 0.00/20475.00
Dose Rate A (MU/min): 0
Dose Rate B (MU/min): 0
Counts (A/B): 0 / 0
Beam Time Limit (sec): 0
Beam Elapsed Time (sec): 0.0

Delivery Progress

Beam ID:
Fraction Duration:
Total Fraction Duration (est): 00:53:40
Final Beam ID: 117
Current Fraction: 1

Messages

XYZ vs R
Correlation Error (mm)

INF(+) / SUP(-)
Grid: 5 mm
r(Marker)

LFT(+) / RGT(-)
Grid: 5 mm
r(Marker)

ANT(+) / POS(-)
Grid: 5 mm
r(Marker)

Linear
Dual Poly
Dual Poly

Beam's Eye View (Simulated)

Current Aperture Size: 12.5
Plan Aperture Size: 12.5

XRS A
kV 120 mA 100 ms 64

XRS B
kV 120 mA 100 ms 64

Markers
☒ Marker 1
☐ Marker 2
☒ Marker 3

Summary Info


Horizontal(1 s) Vertical(4 mm)

Coronal
Grid: 5 mm

Sagittal
Grid: 5 mm

MultiPlan[®]
Quick Review
ACCURAY

Fuse Contour Align

Align Center DRR Review

Tracking Tumor
TTV(primary)

Treatment CT Center
X: -79.8446 (mm)
Y: -207.8290 (mm)
Z: -795.6442 (mm)

☒ Display Contour
☐ Invert DRR Images
Reset to Default W/L

DRR Type
☐ Full Content
☒ Spine Removed
☐ Tumor Region

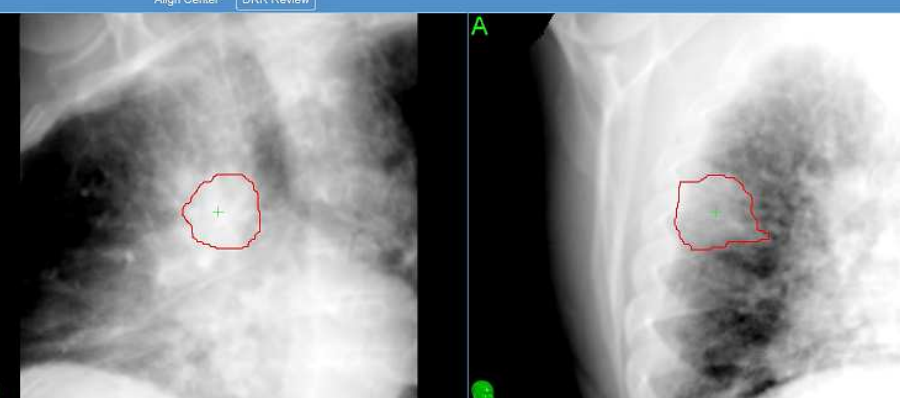
DRR Image
Primary

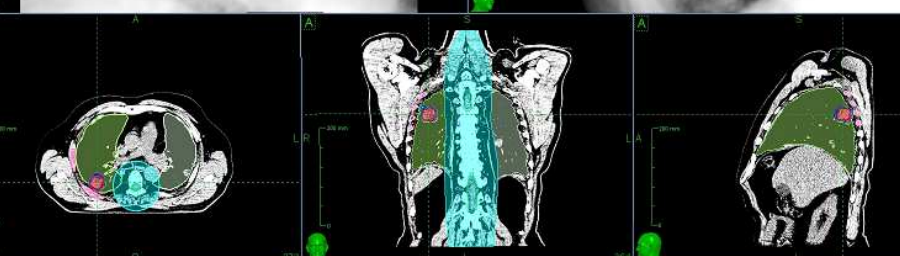
Overlay V01

Apply

B

A





ACCURAY



3 Fraction SBRT

Structure Name	Type	Volume	Dose	Notes
Brachial plexus	Max Dose	None	<24 Gy	17
Brachial plexus	Volume (cc)	<3cc	20.4 Gy	17
Brainstem	Max Dose	None	<23.1 Gy	19
Brainstem	Volume (cc)	<0.5cc	18 Gy	19
Cochlea	Max Dose	None	<17.1 Gy	20
Optic nerves	Max Dose	None	<17.4 Gy	21
Optic nerves	Volume (cc)	<0.2cc	15.3 Gy	21

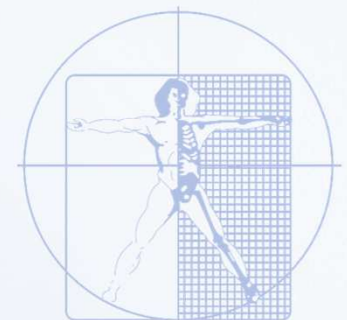
Bronchus	Max Dose	None	<23.1 Gy	22
Bronchus	Volume (cc)	<0.5cc	18.9 Gy	22
Esophagus	Max Dose	None	<25.2 Gy	23
Esophagus	Volume (cc)	<5cc	17.7 Gy	23
Great vessels	Max Dose	None	<45 Gy	24
Great vessels	Volume (cc)	<10cc	39 Gy	24
Heart	Max Dose	None	<30 Gy	25
Heart	Volume (cc)	<15cc	24 Gy	25
Lung (right and left)	Vol. to Spare	>1000cc	12.4 Gy	26
Lung (right and left)	Vol. to Spare	>1500cc	11.6 Gy	27
Rib	Max Dose	None	<36.9 Gy	28
Rib	Volume (cc)	<1cc	28.8 Gy	28
Rib	Volume (cc)	<30cc	30 Gy	28
Trachea	Max Dose	None	<30 Gy	23
Trachea	Volume (cc)	<4cc	15 Gy	23

Colon	Max Dose	None	<28.2 Gy	29
Colon	Volume (cc)	<20cc	24 Gy	29
Duodenum	Max Dose	None	<22.2 Gy	30
Duodenum	Volume (cc)	<10cc	11.4 Gy	30
Duodenum	Volume (cc)	<5cc	16.5 Gy	30
Jejunum/ileum	Max Dose	None	<25.2 Gy	31
Jejunum/ileum	Volume (cc)	<5cc	17.7 Gy	31
Liver	Vol. to Spare	>700cc	19.2 Gy	32
Renal cortex (right and left)	Vol. to Spare	>200cc	16 Gy	33
Renal hilum/ vascular trunk	Volume (%)	66%	<18.6 Gy	34
Stomach	Max Dose	None	<22.2 Gy	35
Stomach	Volume (cc)	<10cc	16.5 Gy	35

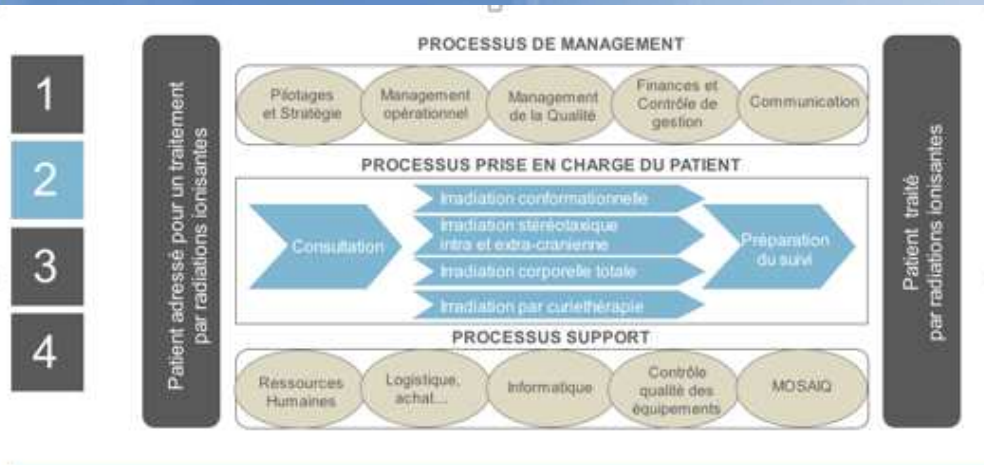
La délinéation des organes critiques et sa complexité dépendent des objectifs cliniques, des doses et du fractionnement prescrits.

La radiothérapie en conditions stéréotaxiques avec des doses supérieures à 6Gy par séance sort des conditions du modèle Linéaire – Quadratique de la radiothérapie classique.

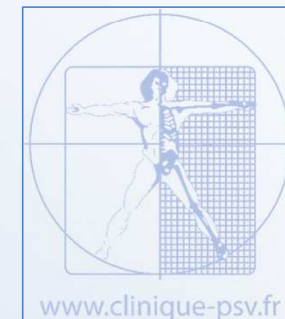
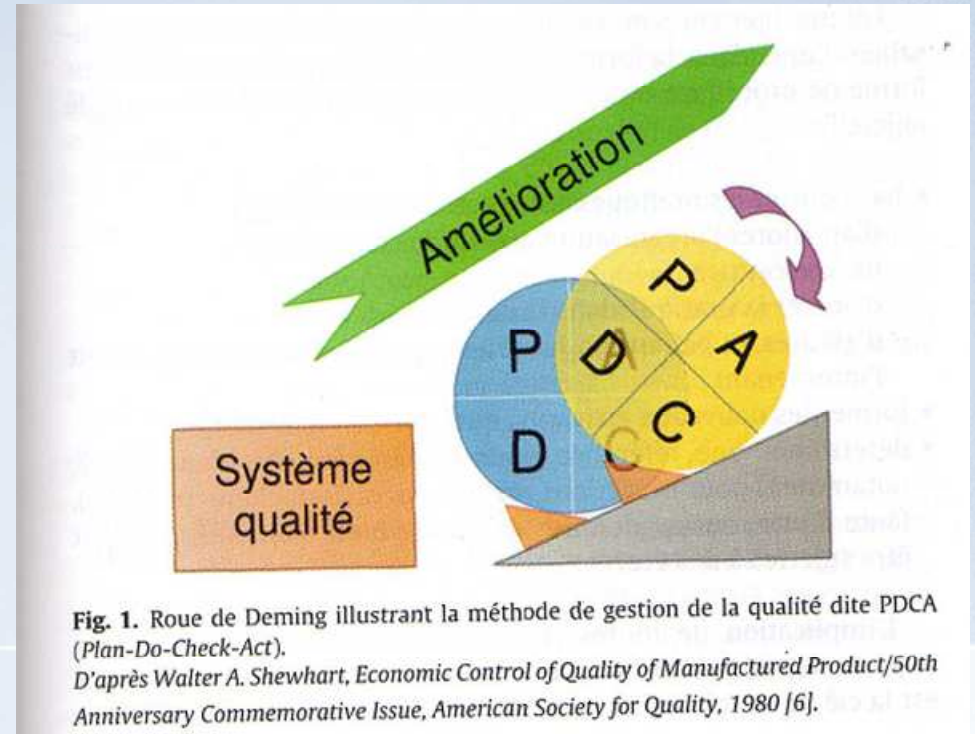
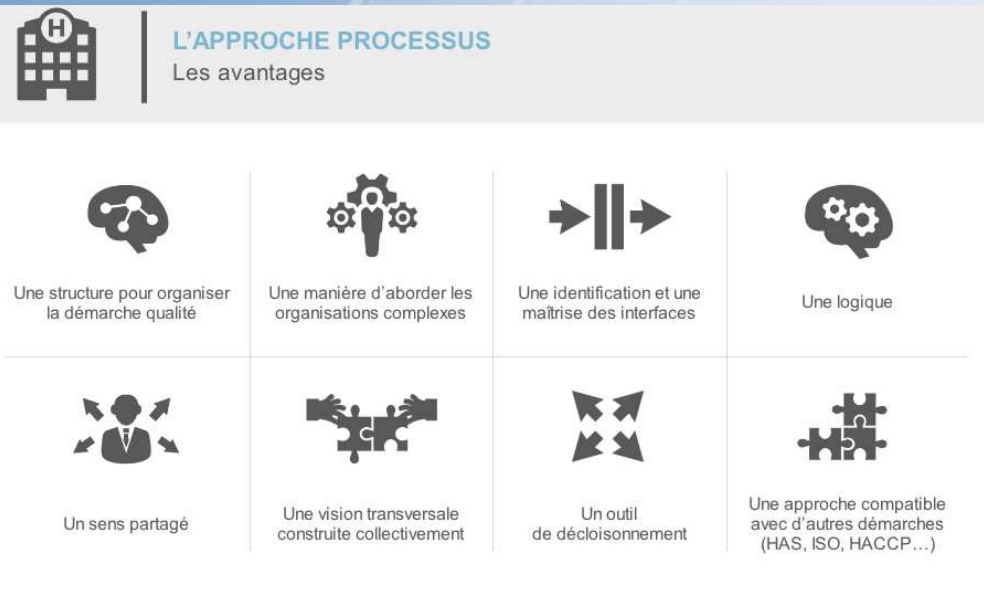
Et donc la RT stéréotaxique relève de ses contraintes propres issues des données publiées avec ces techniques.



LES TRAITEMENTS EN STEREOTAXIE : LE SYSTÈME QUALITE UNE NECESSITE



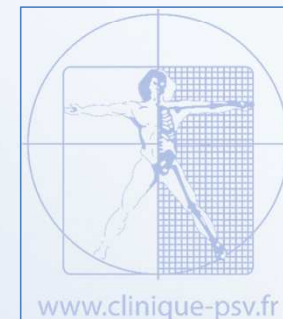
IDENTIFICATION DES RISQUES PAR L'APPROCHE PROCESSUS INDISPENSABLE



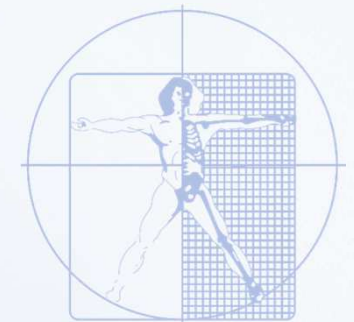
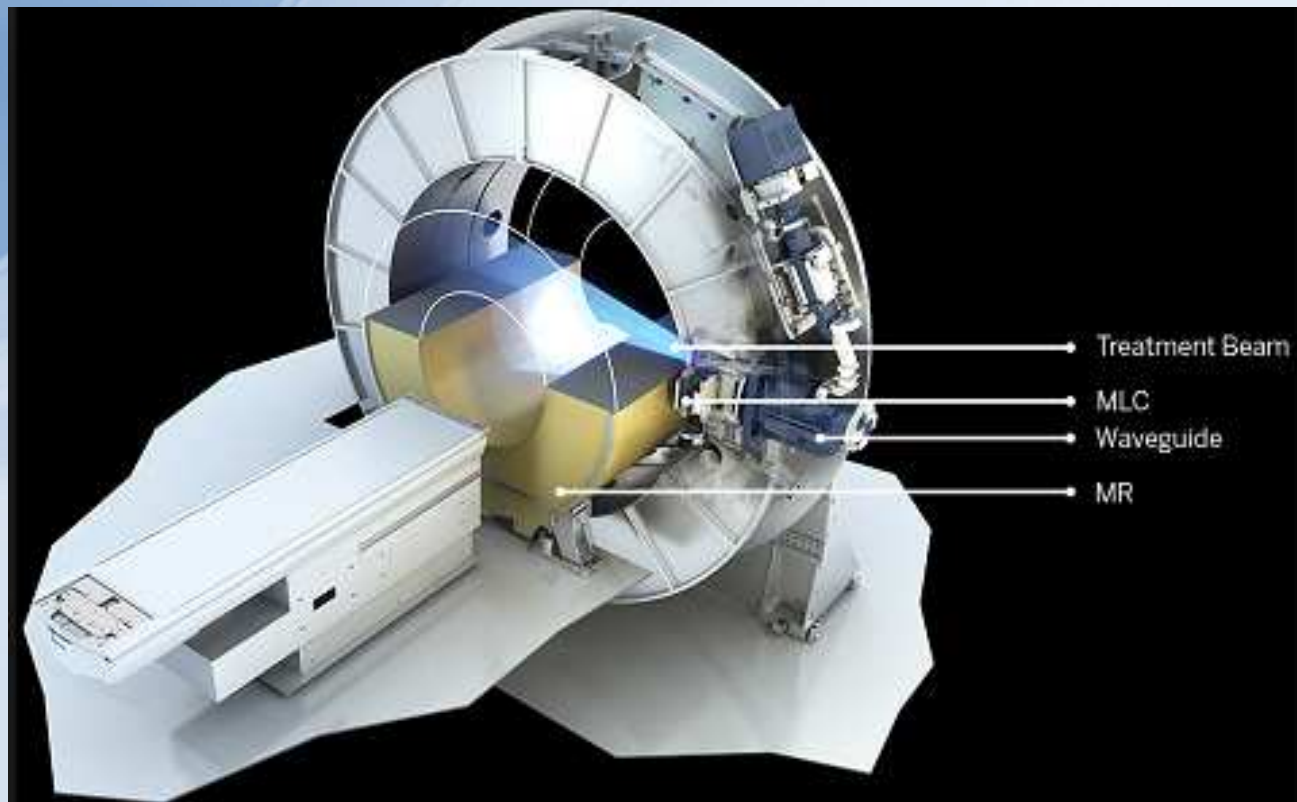
LE CYBER KNIFE ET DE L'IMAGERIE 3D



+ un CT ? Imagerie 3 D ?



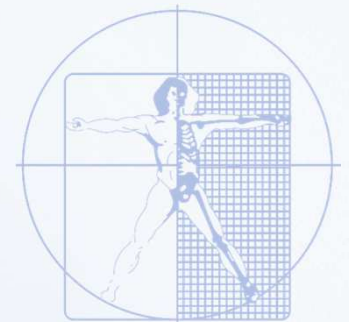
LES TRAITEMENTS BASES SUR L'IRM



LES TRAITEMENTS BASES SUR L'IRM



 **VIEWRAY®**
Visibly Different



www.clinique-psv.fr

CONCLUSION

TOUTES LES EVOLUTIONS TECHNIQUES QUI CONTRIBUENT A LA DIMINUTION DES DOSES CHEZ LES PATIENTS EN RADIOTHERAPIE

- Tout ce qui va concourir à une meilleure définition des volumes de traitements et des organes à risque autour : imagerie, fusion d'images, atlas d'aide au contourage, autosegmentation
- Tout ce qui va aider au placement très précis des patients pendant le traitement : gating, tracking, imagerie 2D, 3D et futures.....
- Tout ce qui va permettre l'irradiation fiable de fortes doses de manière la plus précise possible
- Tous les algorithmes qui permettront des calculs très précis des doses dans le patient ou contribueront à son suivi pendant la séance et tout au long du traitement

