



# Techniques innovantes en Radiothérapie

Albert Lisbona  
ICO René Gauducheau  
Service de physique médicale  
44805 Saint-Herblain  
[albert.lisbona@ico.unicancer.fr](mailto:albert.lisbona@ico.unicancer.fr)

# Préambule

Aucun conflit d'intérêt.

Remerciements :

Pascal François (Institut Curie)

Philippe Giraud (HEGP)

Vincent Marchesi (CLCC A. Vautrin)

# Techniques innovantes

- Plan cancer 2003 – 2007.
- Retard en France de la radiothérapie par rapport aux équipements innovants.
- Appel à projets INCa techniques innovantes.
  - 3 équipements de tomothérapie hélicoïdale,
    - Institut Curie, Fondation Bergonié, Centre René Gauducheau.
  - 3 équipements de radiothérapie robotisée Cynberknife d'Accuray,
    - Centre Oscar Lambret, Centre Antoine Lacassagne, Centre Alexis Vautrin.

## Techniques innovantes ?

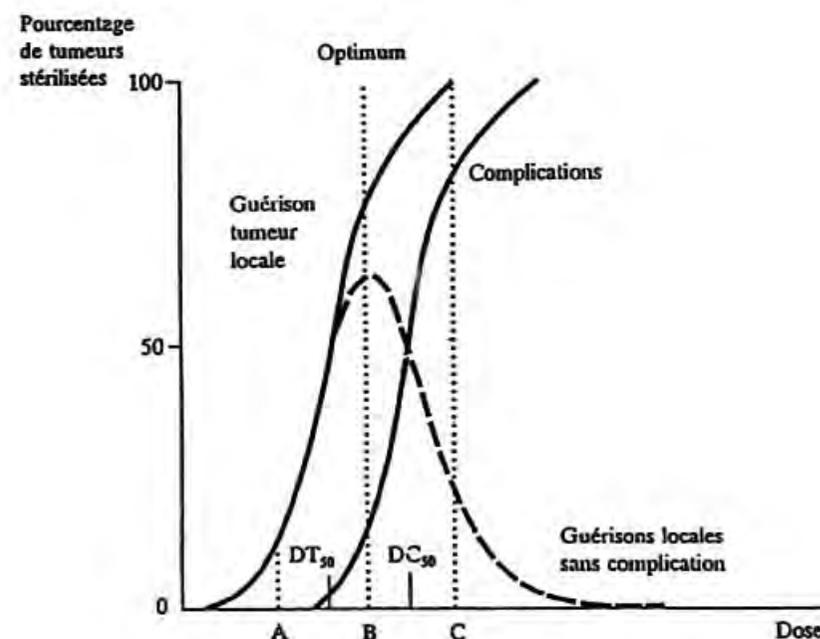
- **Radiothérapie robotisée.**
- **Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité.**
- Stéréotaxie intra et extra crânienne (+ - asservissement respiratoire).
- Radiothérapie guidée par l'image.

# Objectif

- Délivrer la dose absorbée prescrite dans la totalité du volume cible à mieux que  $\pm 5\%$  tout en limitant au minimum l'irradiation des tissus sains avoisinants
- Dose délivrée  $\Rightarrow$  Dose prescrite  $\leq \pm 5\%$

# La Radiothérapie Externe

- Des variations de 5 à 10% de la dose au volume-cible peuvent entraîner un changement significatif dans le contrôle local et le taux de complications sévères voire mortelles
- Erreurs aléatoires
  - Facteur humain
- Erreur systématiques
  - Réseau, TPS, calibrage des faisceaux



*Relation dose-effet sur le taux de contrôle local et les complications*

*DT50 : dose permettant d'obtenir 50 % de contrôle local*

*DC50 : dose entraînant 50 % de complications*

# Objectif

- Un traitement classique est composé :
  - Entre 10 et 40 fractions
  - Dose par fraction entre 1,8 et 2 Gy par jour,
  - 5 jours par semaine en fonction de la sensibilité tumorale.
  - Prescription classique entre 30 – 80 Gy.
  - Hypofractionnement.

# Objectif (suite)

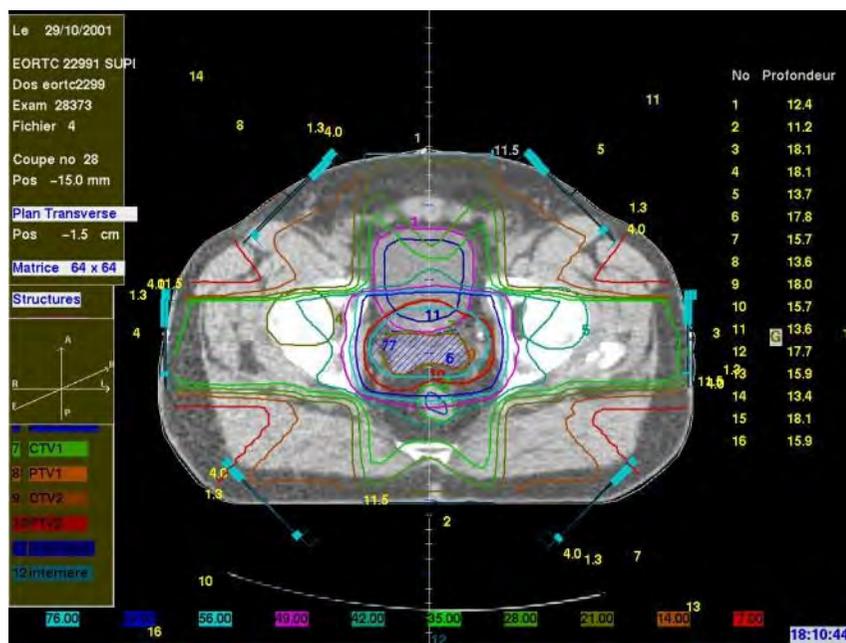
## ***Implique:***

- Une connaissance précise des caractéristiques physiques et dosimétriques des faisceaux de rayonnements (étalonnage, distributions relatives de la dose...).
- Un soin particulier au cours des différentes étapes nécessaires :
  - à la préparation (acquisition des données anatomiques du patient, choix de la technique d'irradiation, prescription ...),
  - à la réalisation (mise en place, contrôles) du traitement.

# Comment atteindre la précision requise?

- **Partie médico-technique**
  - Interprétation des données dosimétriques et choix de la technique d'irradiation
  - Réalisation des irradiations Mise en place des malades + réglage des appareils
- **Partie physique et technique**
  - **Performance et caractéristiques des appareils**
  - **Étalonnage des appareils de traitement**
  - Calcul de la dose

# Les acteurs : des responsabilités partagées dans la chaîne de soins



Validation obligatoire médecin et physicien

- Médecin
  - Analyse bénéfice risque (*principe de justification*)
  - Prescrit la dose
- Physicien
  - Délivre et garantit la prescription (*principe d'optimisation*)
    - *analogie pharmacien et anesthésiste*
- Manipulateur en électroradiologie
  - Administre la dose

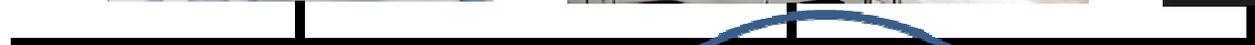
**CT Scanner**



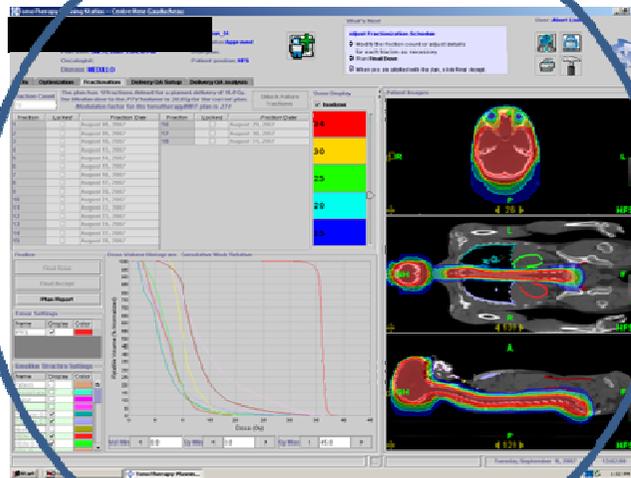
**MRI**



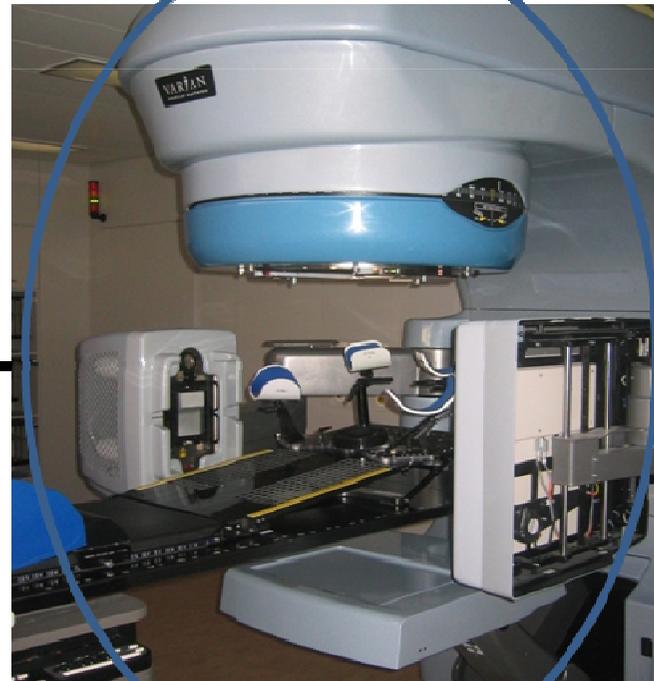
**Radiotherapy  
Information  
System**



**Network**



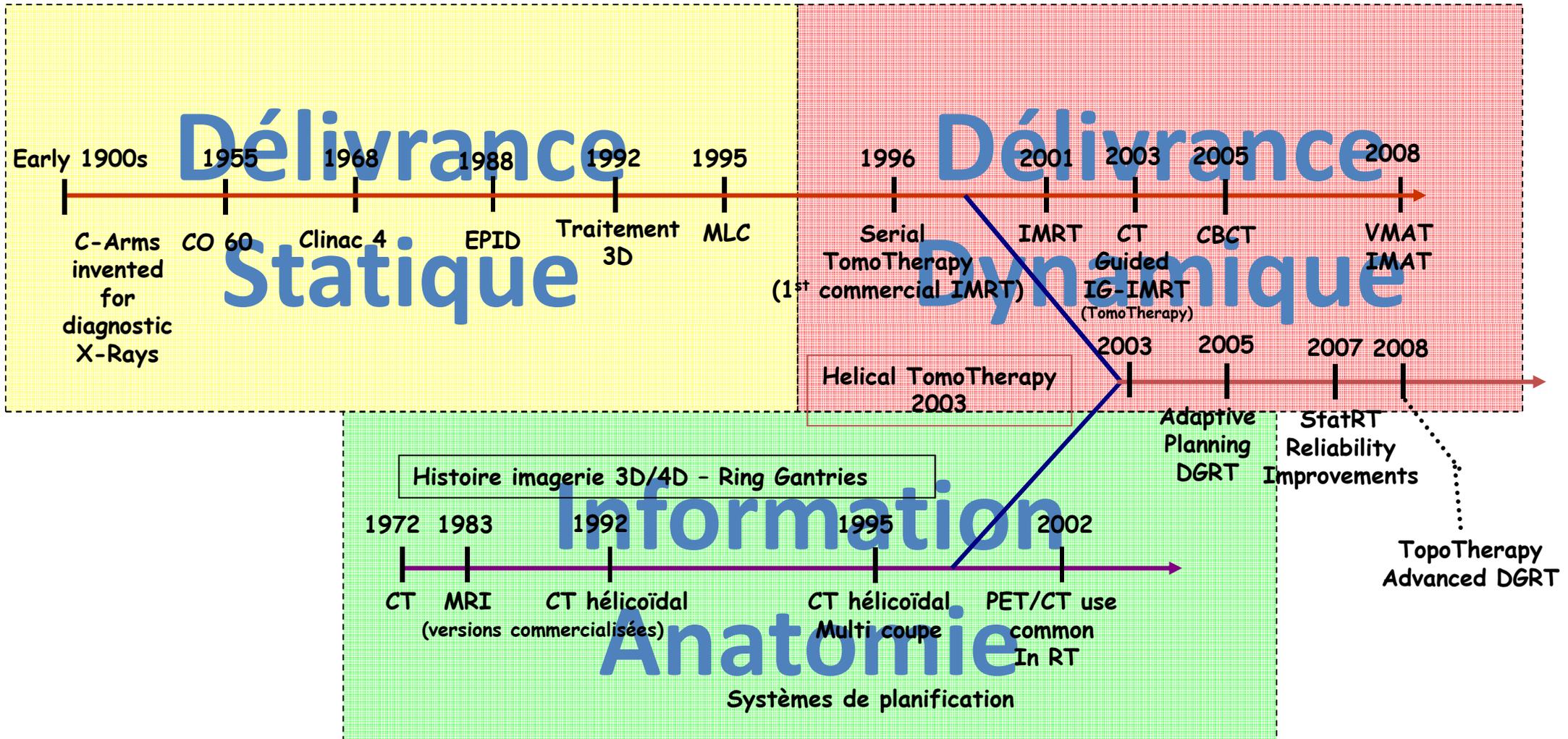
**Radiotherapy Treatment Planning  
System**



**Medical Linear Accelerator**

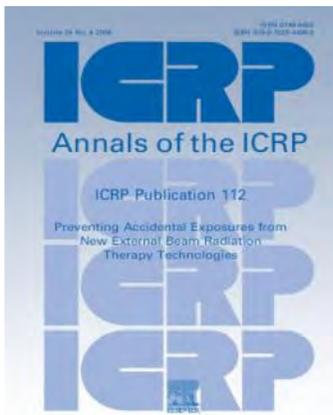
**Treatment delivery**

# Histoire de la radiothérapie externe



# Introduction de nouvelles technologies

- La décision de mettre en œuvre une nouvelle technologie doit être fondée sur une évaluation des bénéfices attendus, plutôt que d'être entraînée par la technologie elle-même.
- Une approche étape par étape doit être suivie pour assurer une mise en œuvre sûre.



# Qualité et innovation

L'échelle de temps dans un système qualité obéit à un cycle d'environ 5 à 8 ans.

A technique et technologie constantes = délai nécessaire pour aboutir à un niveau de qualité et de sécurité optimum.

Or, en radiothérapie, les rythmes de variation des connaissances, des techniques et de la technologie sont parfois bien plus courts.

À titre d'exemple:

- Le taux d'innovation majeure dans le nucléaire reste sur un cycle supérieur à trente ans
- Il est de l'ordre de quinze ans pour l'aéronautique civile
- Comparativement dans les seules quinze dernières années quelles ont été les évolutions en radiothérapie?



(d'après R. Amalberti)

## RADIOTHÉRAPIE CONFORMATIONNELLE AVEC MODULATION D'INTENSITÉ

---

**AVIS DE LA HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ**

---

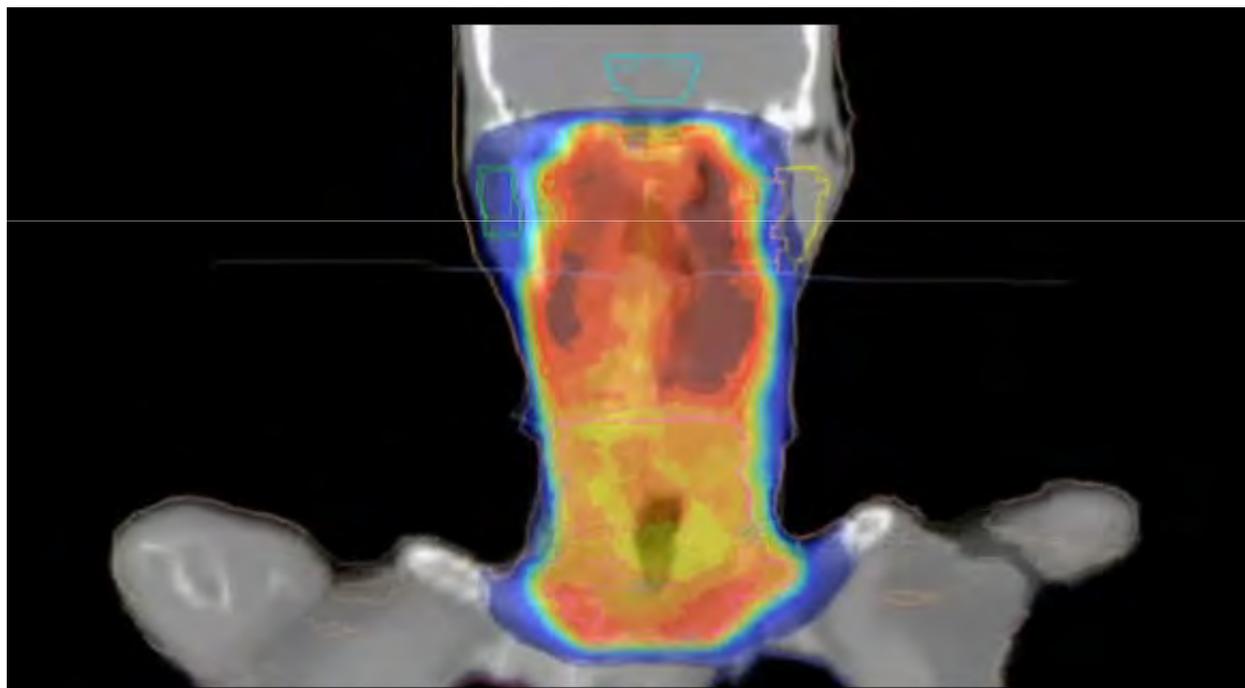
**DÉCEMBRE 2006**

Le **service attendu** est considéré **suffisant** dans les indications précisées ci-dessous. Par conséquent, l'**avis de la HAS** sur l'inscription de l'acte à la liste des actes prévue à l'article L. 162-1-7 du Code de la sécurité sociale **est favorable** avec les précisions suivantes.

### 1. Indications principales

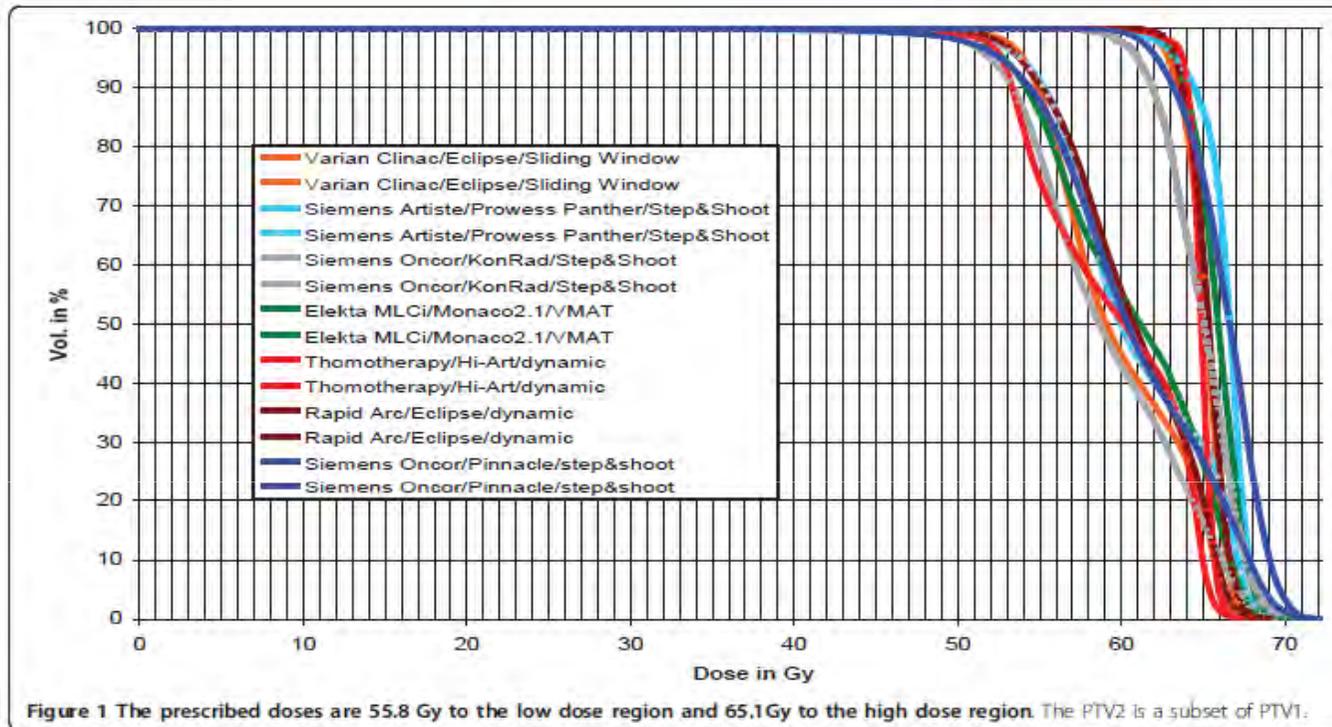
- Tumeurs de la tête et du cou dans le cas où une protection des glandes salivaires est souhaitable.
- Tumeurs de la prostate sous réserve de contrôle quotidien du positionnement du volume cible, guidé par l'image.
- Tumeurs du rachis.
- Tumeurs de la base du crâne et de la voûte, et les cas particuliers (irradiation des ventricules cérébraux chez l'enfant, craniopharyngiome, tumeurs hypophysaires...) à l'exclusion des gliomes de haut grade.
- Irradiation corporelle totale (RCMI par tomothérapie uniquement).

# RCMI



## Les "RCMI"

- DMLC ou Step and Shoot
- SMLC ou Sliding Window
- VMAT :
  - Elekta,
  - Varian.
- Tomothérapie hélicoïdale



**Table 3 OAR doses dependent on IMRT technology**

	KonRad/S&S	Panther DAO/S&S	Eclipse/SW	VMAT	Tomotherapy	Rapid Arc	Pinnacle/S&S
myelon max.dose/Gy	42.34 ± 0.59	42.43 ± 0.50	44.89 ± 3.59	40.64 ± 1.58	34.25 ± 2.69	41.98 ± 0.26	43.17 ± 0.52
parotides median dose/Gy	21.01 ± 4.59	17.24 ± 2.97	18.68 ± 4.29	22.98 ± 4.41	14.11 ± 2.37	26.47 ± 5.31	22.46 ± 3.62
mandible median dose/Gy	39.99 ± 8,65	42,90 ± 7,19	43,70 ± 8,48	43,12 ± 9,51	36,14 ± 9,77	41,21 ± 8,98	39,50 ± 5,71

Objectifs

$D_{max} < 43\text{Gy}$

$D_{median} < 26\text{Gy}$

$D_{median} < 45\text{Gy}$

Wiezorek et al. Radiation Oncology 2011, 6:20

<http://www.ro-journal.com/content/6/1/20>

Open Access

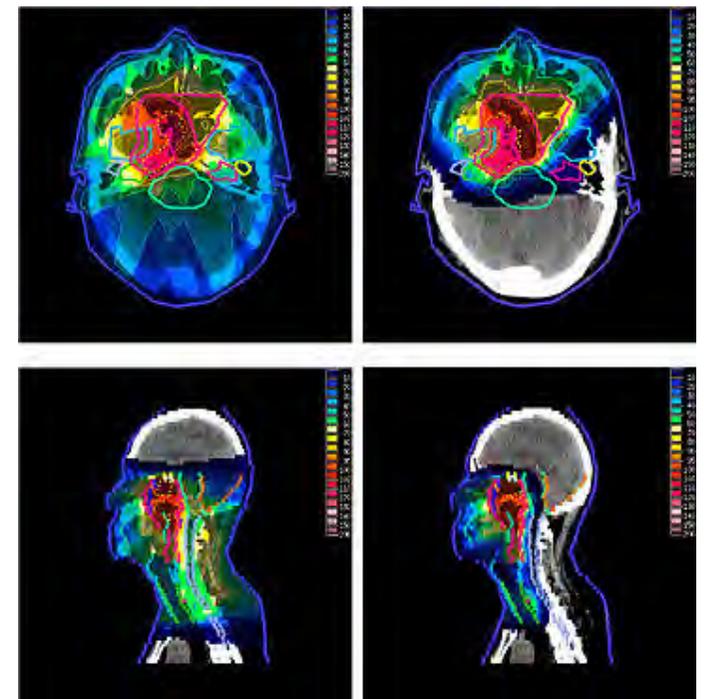
# Les principaux apports dosimétriques

- Homogénéité dans les cibles,
- Meilleure :
  - Conformation de la cible,
  - Protection des organes à risque
- Escalade de dose.

**Évidence médicale ...**

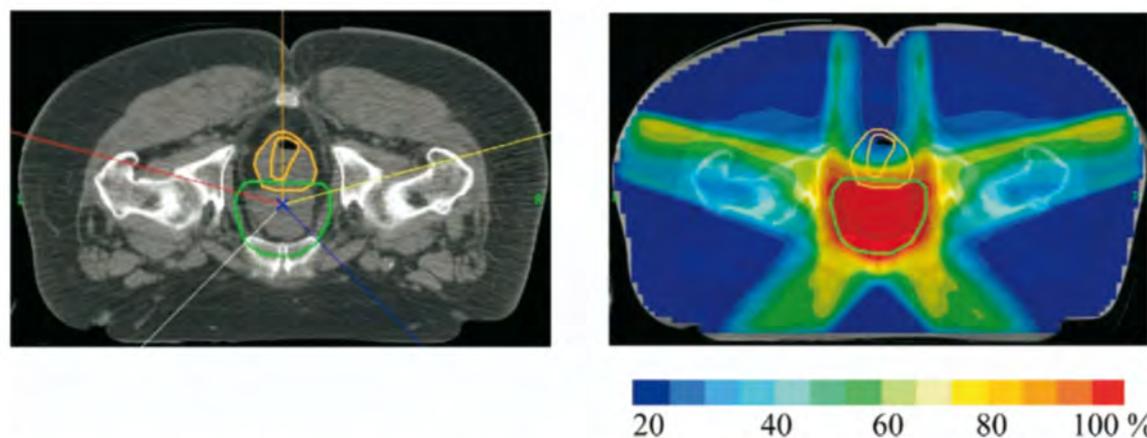
## En ORL

- Localisation de référence
- Beaucoup d'études, phases III
- Réduction de la toxicité salivaire +++
- Intérêt si RT bilatérale et Hte dose
- SMART / SIB
- Radio-Chimiothérapie



# En Urologie

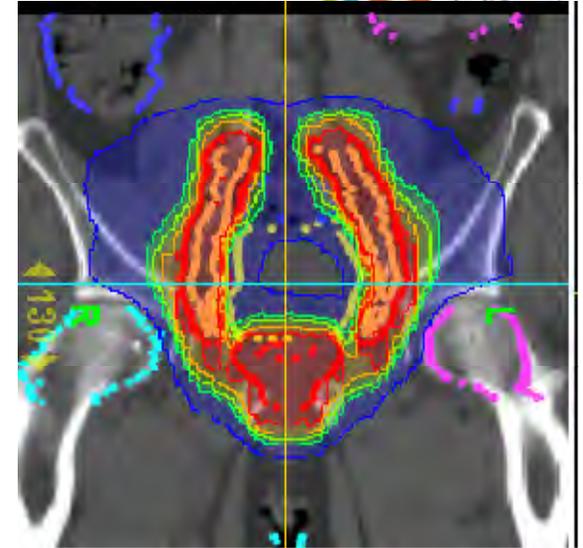
- Beaucoup d'études, essentiellement monocentriques
- MSKCC : 81 Gy (2% tox rectale G2 vs 14% RTC3D)
- Intérêt surtout si RT pelvienne
- Intérêt si RT Hypofractionnée ou Dose  $\geq 80$  Gy



**Figure 2** Five-field beam arrangement and corresponding dose distribution for IMRT treatment of prostate cancer to 81 Gy (100%).

# En Gynécologie

- Encore peu d'études
- Intérêt théorique car Grands Volumes
- Réduction tox : moelle osseuse, vessie, anses digestives...
- Intérêt si RT Pelvienne, Escalade de dose, Réirradiation
- RT vaginale ou vulvaire
- Alternative à la curiethérapie ?



IAEA-TECDOC-1588



**IAEA**

International Atomic Energy Agency

***Transition from 2-D Radiotherapy to  
3-D Conformal and Intensity  
Modulated Radiotherapy***

## ASTRO / ACR / AAPM

- ACR Practice guideline for IMRT Mars 2003
- Recommendations for documenting IMRT. Treatments. ASTRO Octobre 2007.
- IMRT commissioning : Multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task Group 119.



programme de soins  
fondé sur des preuves  
un programme de action cancer ontario

- The clinical implementation process includes augmenting quality control programs, selecting appropriate accessories, such as immobilization systems, and training in treatment plan optimization and delivery. These steps require a coordinated effort, an emphasis on safety, and time investment by the team.
  - Patient-specific quality assurance is essential during implementation as well as on an ongoing basis, to ensure accurate and safe treatment. The process should begin with individual dosimetric validation through measurement (in phantom) for each patient.
- With the optimum technical and human resources, an estimated minimum four- to six-month implementation time is necessary to lay the groundwork prior to treating patients with IMRT.
- Success depends on the resources available at each institution; however, after the initial implementation and training phase, the process becomes sustainable and more efficient as experience with IMRT increases.

# Comment

- La formation et la disponibilité du personnel,
- La sensibilisation à la sécurité, des personnes responsables de l'organisation de la radiothérapie,
- Les fabricants,
- Le programme d'achat, la recette et la mise en service,

# Comment

- Un besoin de nouveaux protocoles pour la prescription du traitement et de la dosimétrie,
- Une communication de sécurité,
- L'intégrité des données et les ordinateurs,
- La mise à jour des tests de contrôle de qualité,
- L'utilisation des leçons issues de l'expérience.

# ICRU 83

- L'ICRU distingue la validation et la mise en service de la RCMI du contrôle de qualité lié au traitement du patient.



# Contrôle de qualité patient

- ICRU recommande fortement le contrôle de qualité préclinique associé à la planification de dose du patient.



# Contrôle de qualité patient

- Typiquement une ou plus des méthodes suivantes sont utilisées pour vérifier que la carte des intensités calculée délivrera la dose absorbée désirée :
  - Mesure des distributions de dose à partir des faisceaux individuels,
  - Mesure de la dose absorbée dans un fantôme,
  - Calcul indépendant de la dose absorbée,
  - Dosimétrie in vivo.

# Outils dosimétriques et techniques associées pour la RCMI

- Medical Physics 38 (3) Mars 2011

## Dosimetry tools and techniques for IMRT

Daniel A. Low<sup>a)</sup>

*Washington University, St. Louis, Missouri 63110*

Jean M. Moran

*University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109*

James F. Dempsey

*Viewray Incorporated, Cleveland, Ohio 44106*

Lei Dong

*M. D. Anderson Cancer Center, Houston, Texas 77013*

Mark Oldham

*Duke University Medical Center, Durham, North Carolina 27710*

(Received 25 January 2010; revised 4 October 2010; accepted for publication 4 October 2010;  
published 16 February 2011)

# Détecteurs 1D

- (a) Ionization chambers should be used:
  - (i) In homogeneous dose regions
  - (ii) To verify monitor unit outputs
  - (iii) To verify critical structure doses.
- (b) Ionization chambers should not be used:
  - (i) To measure beam profiles that will be employed to model the IMRT beam penumbra.
  - (ii) When the leakage current will yield an integrated charge of  $>5\%$  of the expected radiation-induced charge. Leakage current corrections should be applied if the expected uncorrected error is  $>2\%$ .

## Measurement protocols

- (i) When ionization chambers are used to validate single-point IMRT absolute doses:
  - (1) The ionization chamber should be placed in a region of the dose distribution where the expected dose heterogeneity is less than 10% or 5% across the ionization chamber and the expected dose heterogeneity is less than 10% within 2 mm from the intended ionization chamber position, if the measurements are being compared against volume-averaged or point doses, respectively.
  - (2) While point-dose comparisons are possible with all treatment planning systems, the measured dose should be compared to the calculated doses that have been averaged throughout the active ionization chamber active volume. This is typically done by computing the dose using a CT scan with the ionization chamber in place, contouring the ionization chamber volume, and querying the treatment planning system dose statistics for the mean dose. This system can also be used to identify the expected dose heterogeneity.

# Détecteurs 2D

## (1) Film

### (a) Radiographic film

- (i) Radiographic film should be used:
  - (1) For relative IMRT dose distribution measurements
  - (2) To measure beam profiles that will be employed to model the IMRT beam penumbra
  - (3) For measuring relative output factors of small fields
- (ii) Radiographic film should not be used:
  - (1) For absolute dose measurements
  - (2) To verify monitor unit outputs

### (b) Radiochromic film

- (i) Radiochromic film should be used:
  - (1) For measuring relative dose distributions
  - (2) For measuring dose distributions that will be used to model the IMRT beam penumbra
  - (3) For measuring relative output factors of small fields
  - (4) When a radiographic film processor is not available
- (ii) Radiochromic film should not be used:
  - (1) For absolute dose measurements
  - (2) To verify monitor unit outputs

# Autres détecteurs "courants"

## II.B.2. Array detectors

### II.B.2.c. Recommendations for use.

- (1) Useful for efficient routine QA of a precommissioned IMRT technique. Initial commissioning should be performed with a system with higher spatial resolution (e.g., film).
- (2) For calibration and all measurements with the device, the linear accelerator dose repetition rate should be the same as for the clinical treatment.
- (3) The device calibration should be checked monthly, or as specified by the manufacturer or published literature.
- (4) Careful consideration should be given to the development of pass/fail acceptance criteria for the evaluation of the results from an array detector. For example, AAPM Task Group 119 (Ref. 17) demonstrated pass rates of >90% of the evaluated points when using 3 mm/3% distance-to-agreement (DTA) and dose-difference criteria, respectively, when reporting institution's planar diode detector measurement QA results. Each physicist should determine acceptance criteria that are appropriate for the treatment site, the treatment objectives, and the clinic's policies.

## V. ADDITIONAL SYSTEMS FOR QUALITY ASSURANCE

### V.A. Electronic portal imaging devices

#### V.A.2. Recommendations for use

Once an IMRT program has been started with ion chamber and film measurements, it may be appropriate to use an EPID for individual IMRT field verification measurements if a reliable method of operation has been developed. The EPID response must be characterized for a range of situations (e.g., dose, dose rate, field size, and leaf speed). Once the system is characterized, a number of corrections must be made to the system depending on the type of system and the composition of the detector. The presence of a fluorescent screen leads to an over-response of the detectors to low doses. To calculate a portal dose prediction or portal dose image for AMFPI systems, pencil beam,<sup>185</sup> convolution,<sup>183</sup> or Monte Carlo<sup>194</sup> techniques have been used to approximate or model the interactions in the EPID including the effect of the fluorescent layer.

Some centers are utilizing commercial systems for IMRT dosimetry. When establishing a QA program with an EPID, the sensitivity of the system and the appropriate action levels and criteria for evaluation must be set.<sup>195</sup> Further development of EPIDs for individual IMRT field verification and for patient transit dosimetry is expected to continue.<sup>191-193,196-200</sup> Exciting developments include reconstruction of three-dimensional dose distributions.<sup>201</sup>

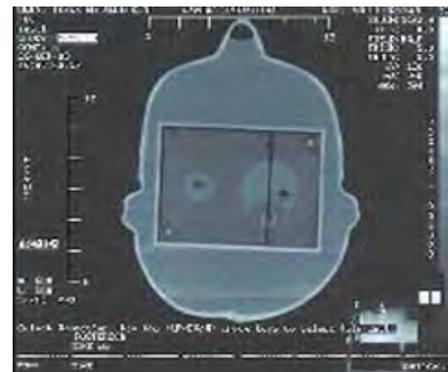
# Audits internes

Groupe	Nombre de faisceaux	Nombre de mesures par intervalle d'écart relatif			
		$\leq \pm 2 \%$	$[\pm 2 \% ; \pm 3 \%]$	$[\pm 3 \% ; \pm 5 \%]$	$\geq \pm 5 \%$
Novalis	363	281 (77,4 %)	45 (12,4 %)	37 (10,2 %)	0
Clinac X6	310	240 (77,4 %)	41 (13,2 %)	29 (9,4 %)	0
Clinac X23	597	447 (74,9 %)	92 (15,4 %)	58 (9,7 %)	0

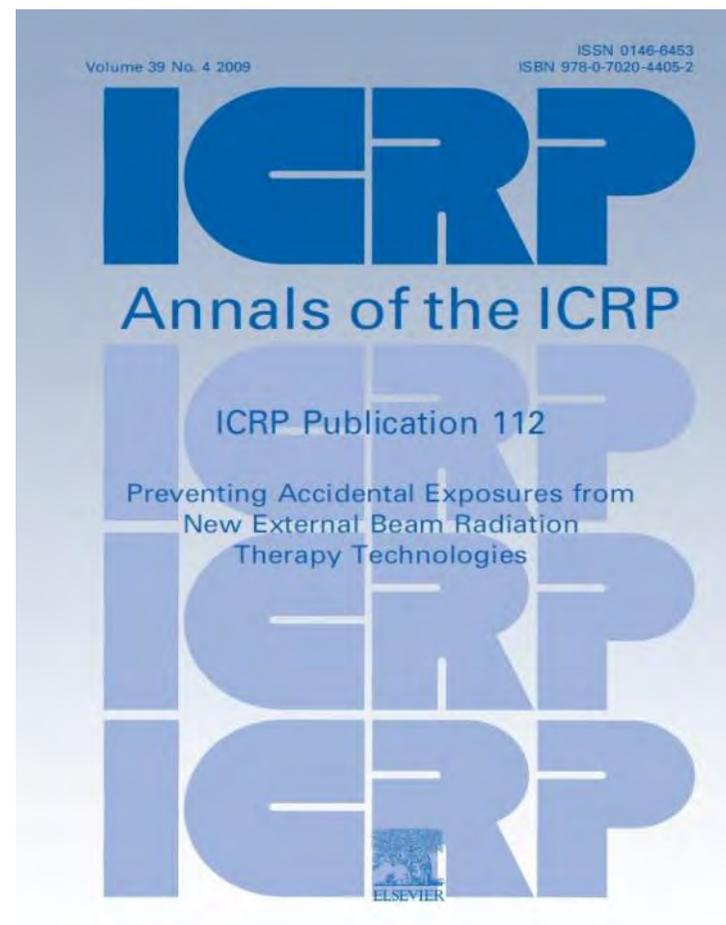
Chiavassa et al Can Rad 2011 sous presse

## Audits externes

- Aux USA en 2008 le RPC a montré que 28 % des centres US audités (ORL) ne remplissaient pas le critère défini par Radiological Physics Centre (RPC) et le Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) (écart inférieur à 7% en dose et à 4 mm en distance) et seulement 42 % (5% / 4 mm).

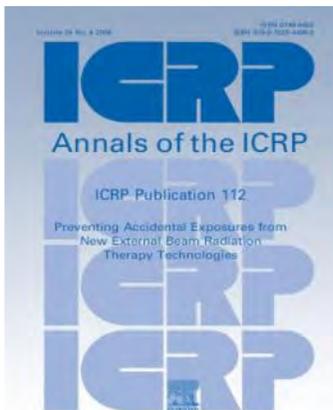


- **Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies**
- **ICRP 112**



# Surmonter le manque d'expérience lors de l'introduction de nouvelles technologies

- Deux mesures complémentaires sont recommandées:
  - Une évaluation devrait être entreprise afin de développer la connaissance du risque et le coût-efficacité des programmes d'assurance qualité.
  - Des réseaux électroniques modérés et des groupes d'experts coordonnés par les organismes professionnels devraient être développés afin d'accélérer le partage des connaissances dès la première phase de l'introduction d'une nouvelle technologie.



## Techniques innovantes ?

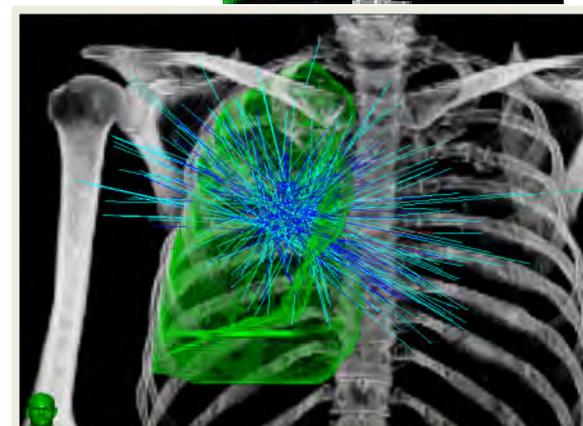
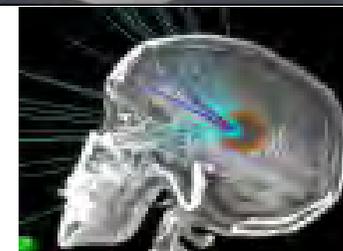
- **Radiothérapie robotisée.**
- **Radiothérapie Conformationnelle avec Modulation d'Intensité.**
- Stéréotaxie intra et extra crânienne (+ - asservissement respiratoire).
- Radiothérapie guidée par l'image.

# Techniques innovantes

- Plan cancer 2003 – 2007.
- Retard en France de la radiothérapie par rapport aux équipements innovants.
- Appel à projets INCa techniques innovantes.
  - 3 équipements de tomothérapie hélicoïdale,
    - Institut Curie, Fondation Bergonié, Centre René Gauducheau.
  - 3 équipements de radiothérapie robotisée Cynberknife d'Accuray,
    - Centre Oscar Lambret, Centre Antoine Lacassagne, Centre Alexis Vautrin.

# Cyberknife : radiothérapie robotisée

- Système d'irradiation monté sur un bras robotisé associé à un système d'imagerie en temps réel
- Contraintes des mouvements supprimées : Correction en temps réel des mouvements du patient.
- Irradiation très précise ( $< 1\text{mm}$ ) : stéréotaxie intra ou extra crânienne
  - Jusqu'à + de 1200 petits faisceaux possibles
  - Irradiation conformationnelle de la tumeur en évitant les organes sensibles (moëlle, ...)



**SYSTEME D'IMAGERIE**

Sources  
de rayons X

Bras robotisé

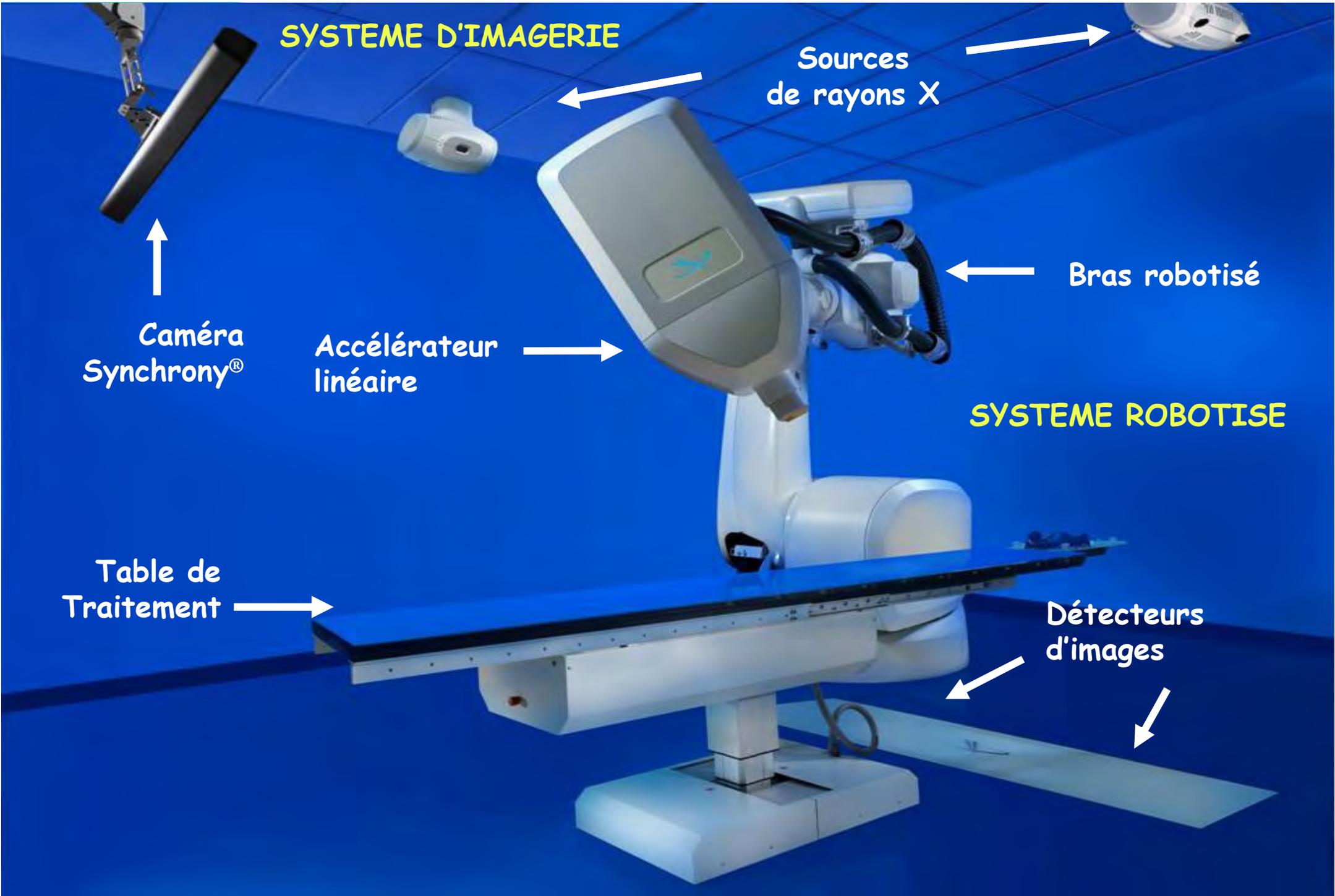
**SYSTEME ROBOTISE**

Détecteurs  
d'images

Caméra  
Synchrony®

Accélérateur  
linéaire

Table de  
Traitement



# CLCC A. Vautrin



# CK

- Suivi en temps réel (à chaque faisceau) du patient et de la tumeur
- Tête :
  - 6D-Skull basée sur la reconnaissance de la boîte crânienne
- Colonne :
  - X-Sight Spine basé sur la reconnaissance des corps vertébraux
- Poumon et tissus mous :
  - Marqueurs +/- Synchrony : reconnaissance de marqueurs implantés +/- suivi respiratoire en temps réel

# Suivi du patient

- X-Sight : détection automatique des corps vertébraux (grille déformable)

**Image kV**

**DRR**

**Corrections  
appliquées au robot  
pendant le ttmt (3  
transl + 3 rot)**

**Historique des  
déplacements  
observés au cours  
de la séance**



# Suivi du patient

- Marqueurs : reconnaissance auto. de marqueurs métalliques implantés dans le patient (~5 jours avant CT à visée dosimétrique)

**Image kV**  
**DRR**

**Corrections  
appliquées au robot  
pendant le ttmt (3  
transl + 3 rot)**



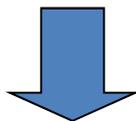
# Suivi du patient

- Marqueurs + Synchrony: reconnaissance auto. de marqueurs implantés + suivi respiratoire (marqueurs externes)
- Corrélation : mouvement interne / mouvement externe par modélisation mathématique

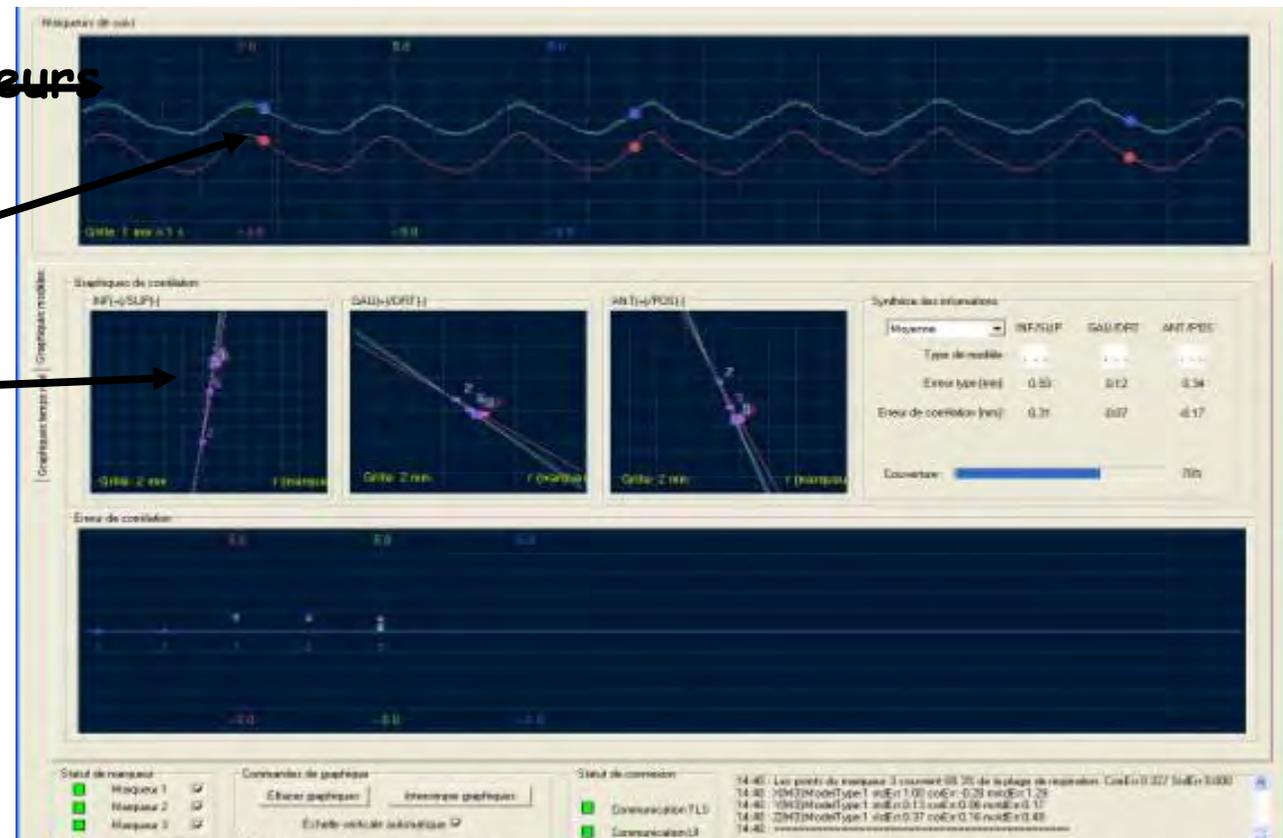
Mouvement des 3 marqueurs  
externes

Prise de clichés kV

Relation mathématique  
interne/externe



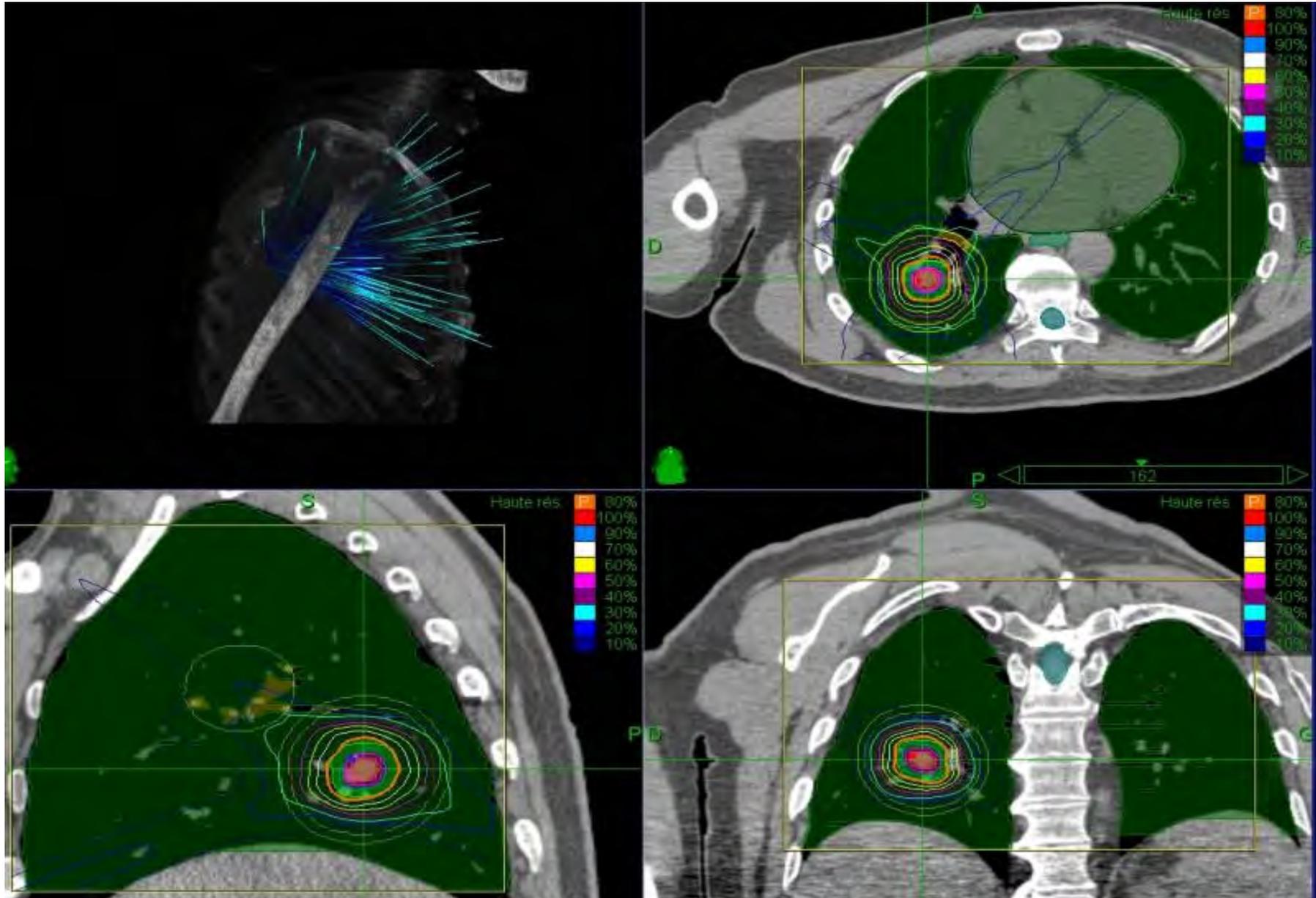
Irradiation suivant mouvement  
externe pour suivre  
mouvement interne



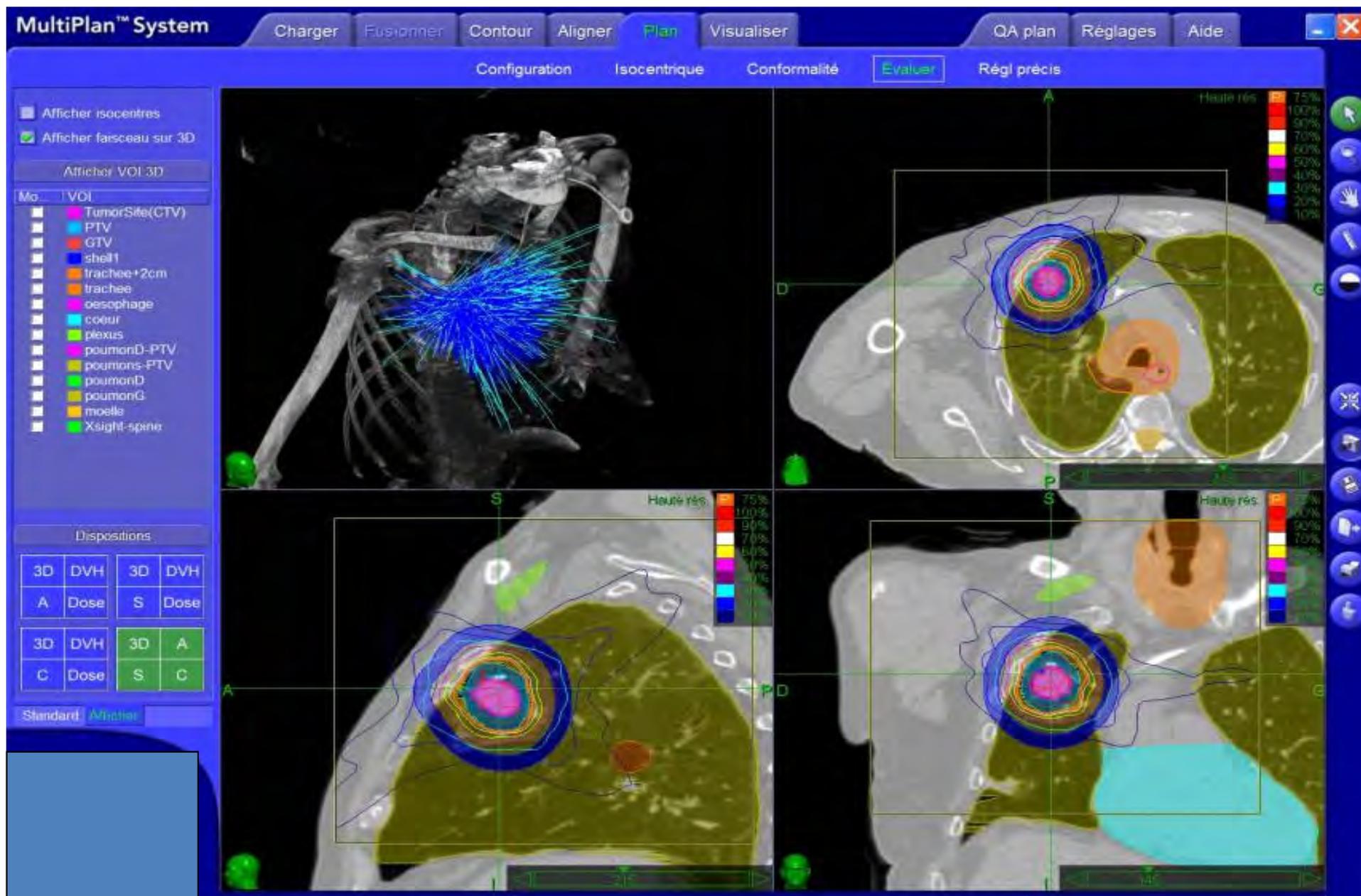
# Poumon 3 x 20Gy @ isodose 80%



# Poumon 3 x 20Gy @ isodose 80%

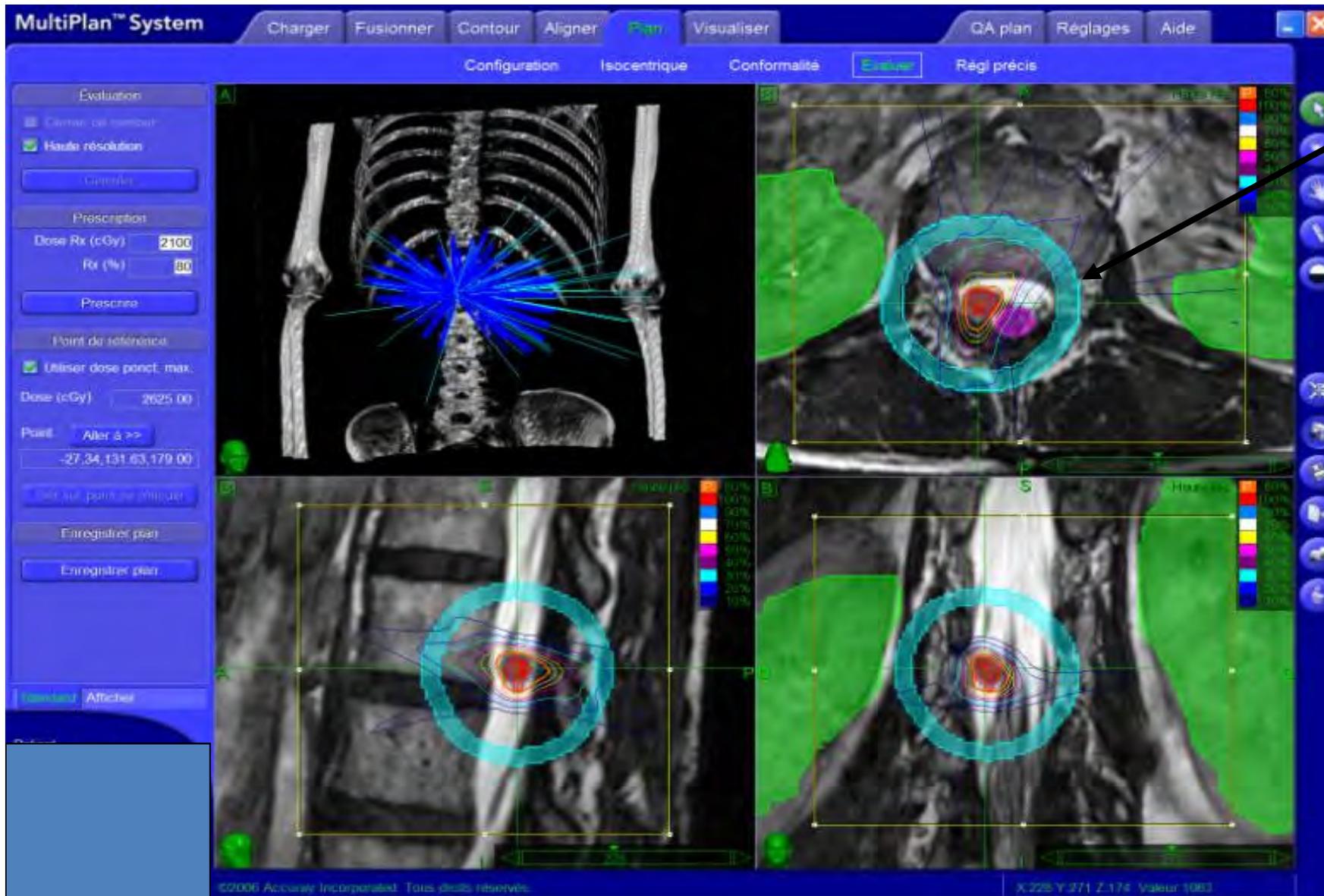


# Poumon 3 x 20Gy @ isodose 80%



# Neurinome Queue de cheval

## 3 x 7 Gy @ isodose 80%



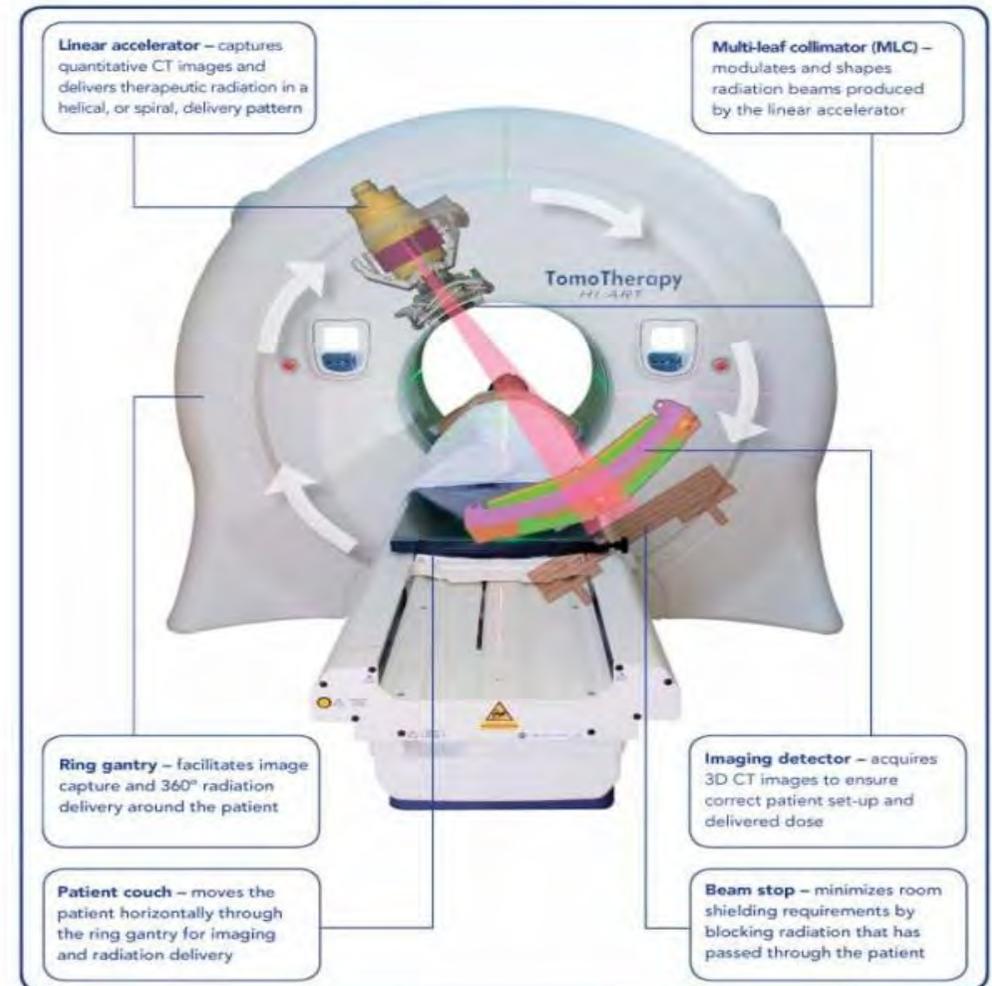
Volume de  
contrainte pour  
réduire dose  
périphérique

# L'accélérateur miniaturisé

- 6 MV,  $d_{max}$  @ 15 mm, 600 UM/min
  - Cible : Fixe
  - Cône égalisateur : non
  - Chambre moniteur : 2 canaux, non scellées, non segmentées
  - Pas de coin
  - Colli  $\phi$  5 à 60 mm @ 80 cm
  - Simulation : laser
  - Pas de télémètre : Pointeur mécanique



# Tomotherapy Hi-ART®



# HiArt

- Un équipement intégré comprenant :
  - Un accélérateur, un scanner,
  - Un TPS,
  - Les équipements de dosimétrie (explorateur, chambres d'ionisation, électromètre),
  - Un fantôme (qualité image, contrôle dosimétrique)

# Source 6MV Photon

(800 UM/min)

## Collimateur

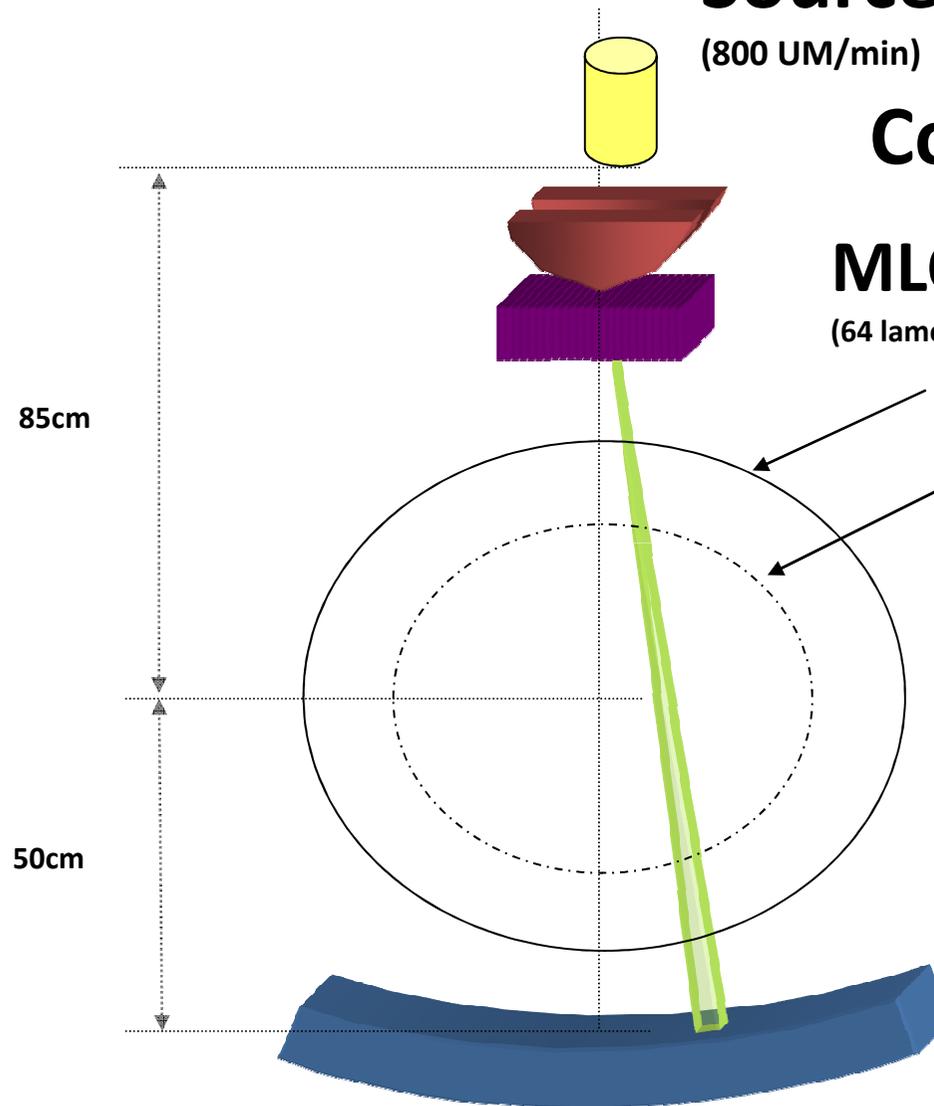
(1, 2,5 ou 5,0 cm)

## MLC secondaire

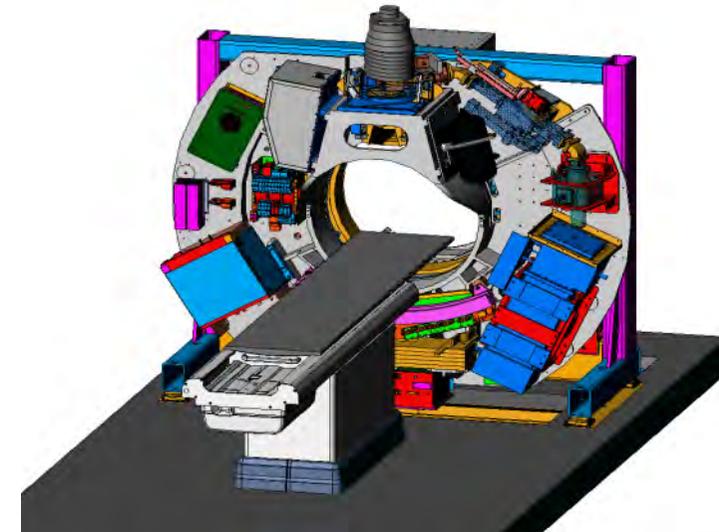
(64 lames, de 0,6 mm)

Tunnel de traitement de 85  
cm

Tunnel d'Imagerie de  
40 cm



## Détecteur CT

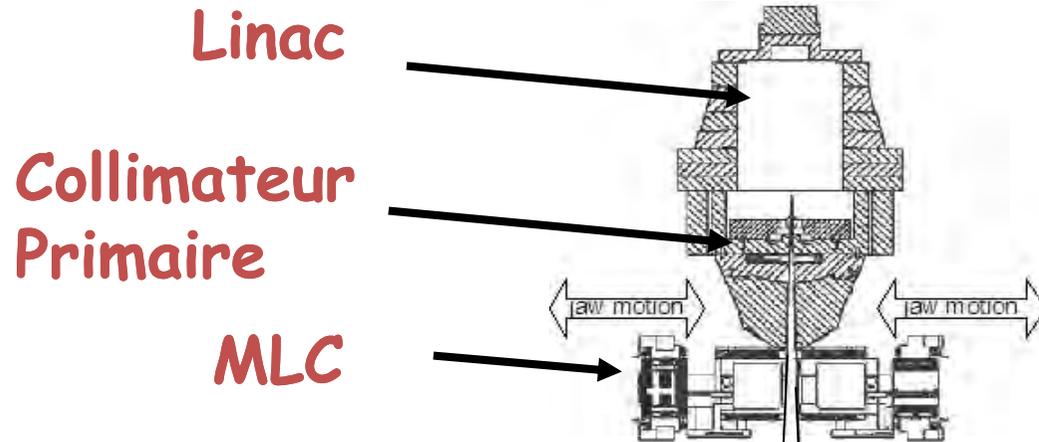


# HiArt

- Un équipement délivrant des traitements de RCMI à l'aide du guidage par l'image (IGRT)



# Moins de dose "non voulue"

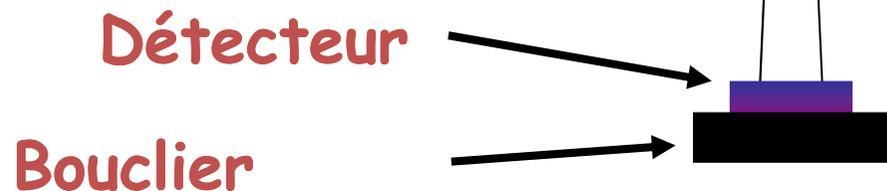


23 cm de tungstène  
pour le collimateur primaire.  
< 0,01% Fuite

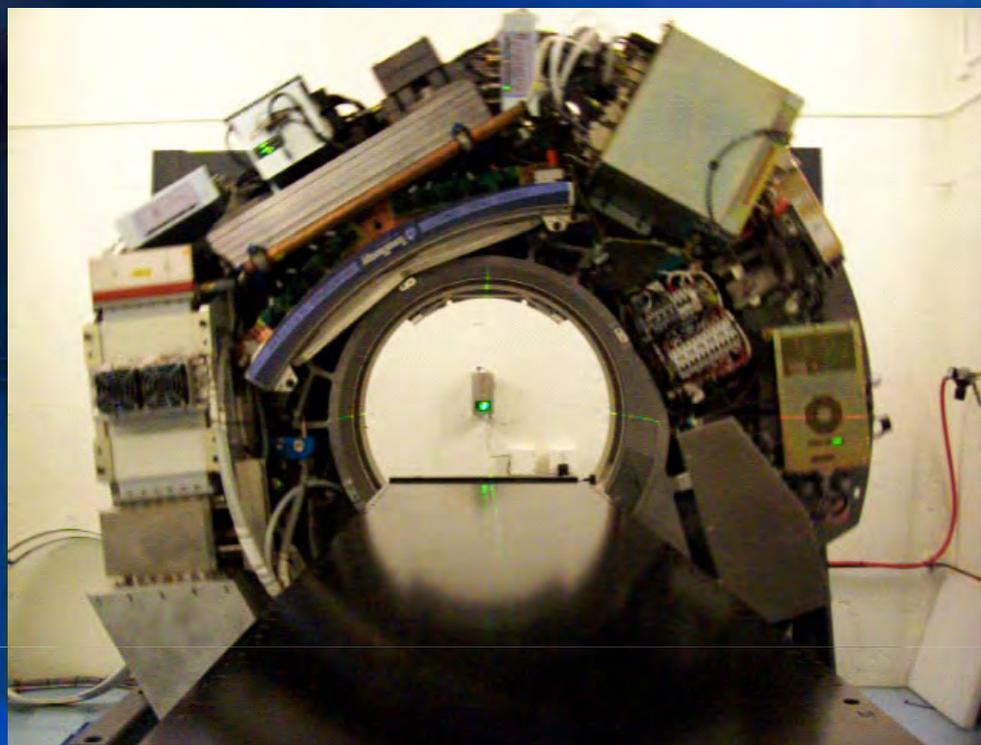
Lames en W font 10 cm d'épaisseur  
< 0,3% Transmission Intralame  
< 0,5% Transmission Interlames

Pas de cône égalisateur  
(création de diffusé hors du champ)

Moins de diffusé venant de la tête



13 cm d'épaisseur en Pb (Primaire)  
pour le bouclier placé derrière  
les détecteurs.



# Specifications MLC

- Temps d'ouverture: 20ms
- Nombre de lames: 64
- Matériau: Tungstène
- Epaisseur lames: 10 cm
- Largeur lames: 0,61cm
- Fuites: <0,3-0,5%
- Volumes max. de traitement: 40 cm x 160 cm
- Collimateur primaire: 25 & 50mm (10 mm en option)



## Planification de la dose : RCMI

- Une définition des cibles et des OAR avec priorisation
  - utilisation de structures d'aide anatomiques ou non anatomiques,
- Une définition des objectifs et des contraintes "classique" en RCMI
- Une balistique unique 51 incidences (tous les 7,.. °),

TomoTherapy Planning Station -- Centre Rene Gauducheau

What's Next

**Define Rx Constraints**

- Define constraints for tumors.
- Define constraints for sensitive structures.
- Set isodose display options.
- When you are satisfied, click **Start** to begin optimization.



ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis

Prescription

For PTV 2 95.0 % will receive **68.0 Gy**

Field Width: 25 cm - Jaws (1.0, 4.0) Pitch: 0.300 Dose Calc Grid: Normal Batch beamlets

Tumor Constraints

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [G]	Max Dose P	DVH Vol [%]	DVH Dose [G]	Min Dose [G]	Min Dose P
PTV 2	<input checked="" type="checkbox"/>		None	<input checked="" type="checkbox"/>	50	70.0	40	95.0	68.0	66.5	50
PTV 1	<input checked="" type="checkbox"/>		None	<input checked="" type="checkbox"/>	60	83.0	25	95.0	53.0	53.0	70

Sensitive Structure Constraints

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [Gy]	Max Dose Per	DVH Vol [%]	DVH Dose [Gy]	DVH Pt. Pen.
Patient	<input checked="" type="checkbox"/>		None	<input type="checkbox"/>						
GTV	<input checked="" type="checkbox"/>		None	<input type="checkbox"/>						
Poumon Droit	<input type="checkbox"/>		None	<input type="checkbox"/>						
Poumon Gau	<input checked="" type="checkbox"/>		None	<input type="checkbox"/>						

Dose Display

Isodose

68 (Red)

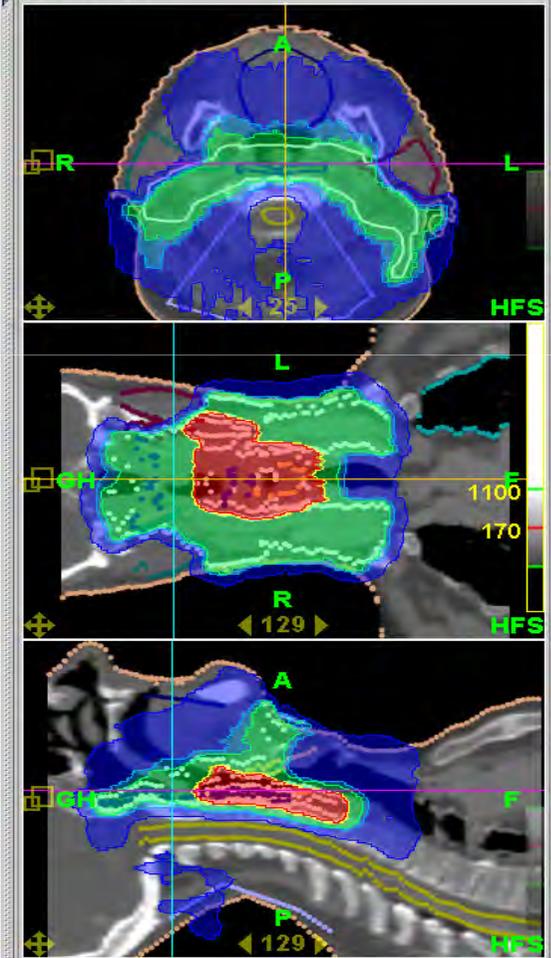
66.5 (Yellow)

52 (Green)

45 (Cyan)

25 (Blue)

Patient Images



Density Image Viewer

Density Image

Optimize Mode: Beamlet

Modulation Factor: 3.200

Initiate Full Dose after 20 iterations.

Start

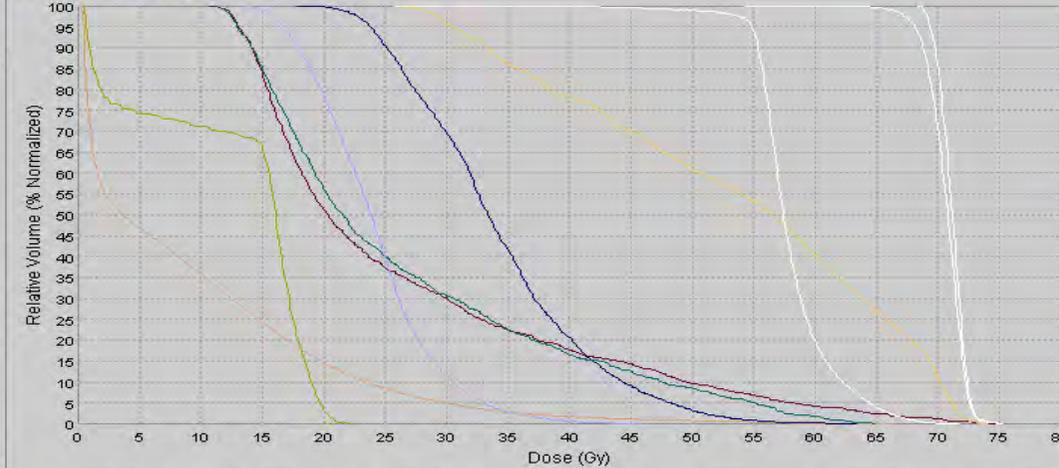
Pause

Resume

Get Full Dose

Cancel

Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative



Vol Min < 0.0 > Vol Max < 100. Gy Min < 0.0 > Gy Max < 80.0 >

Wednesday, April 25, 2007

13:10:13

What's Next

Define Rx Constraints

- Define constraints for tumors.
- Define constraints for sensitive structures.
- Set isodose display options.
- When you are satisfied, click **Start** to begin optimization.

ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis

Prescription

Wal For GTV = 95.0 % will receive **22.8 Gy**  
 Saf  
 Field Width: 5.02 cm - Jaws(2,1,2,1) Pitch: 0.287 Dose Calc Grid: Normal Batch beamslets

Tumor Constraints

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [G]	Max Dose P	DVH Vol [%]	DVH Dose [G]	Min Dose [G]	Min Dose P
GTV	<input checked="" type="checkbox"/>	Red	None	<input checked="" type="checkbox"/>	10	22.8	30	95.0	22.8	22.8	30

Sensitive Structure Constraints

Name	Display	Color	Blocked	Use?	Importance	Max Dose [Gy]	Max Dose Per	DVH Vol [%]	DVH Dose [Gy]	DVH Pt. Pen.
Patient	<input checked="" type="checkbox"/>	White	None	<input type="checkbox"/>						
CTV1	<input checked="" type="checkbox"/>	Green	None	<input checked="" type="checkbox"/>	3	22.8	1	10.0	15.0	8
VESSIE	<input checked="" type="checkbox"/>	Red	None	<input checked="" type="checkbox"/>	2	22.8	1	40.0	10.0	16
RECTUM	<input checked="" type="checkbox"/>	Green	None	<input checked="" type="checkbox"/>	1	10.0	1	50.0	8.0	2

Dose Display

Isodose

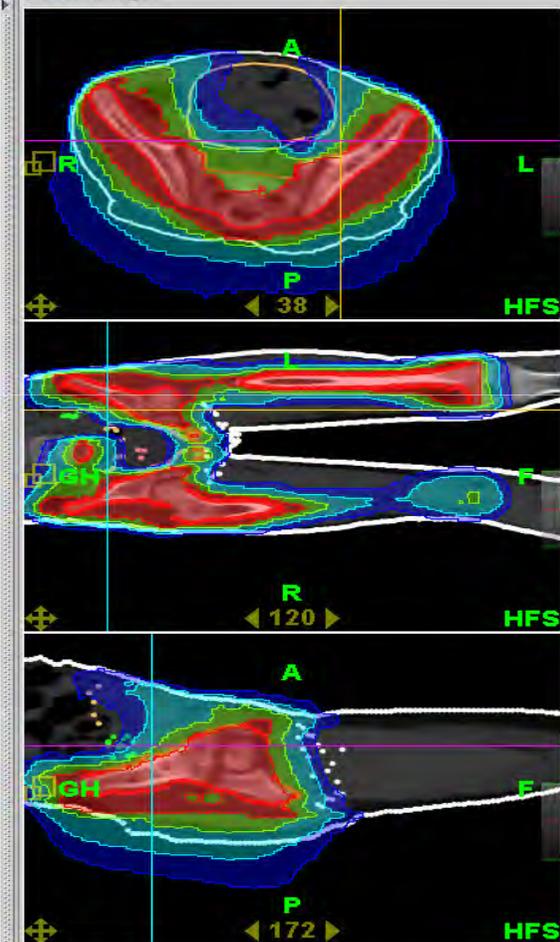
22.8

20

15

12

Patient Images



Density Image Viewer

**Density Image**

Optimize

Mode: Beamlet

Modulation Factor: 3.000

Initiate Full Dose after 20 iterations.

Start

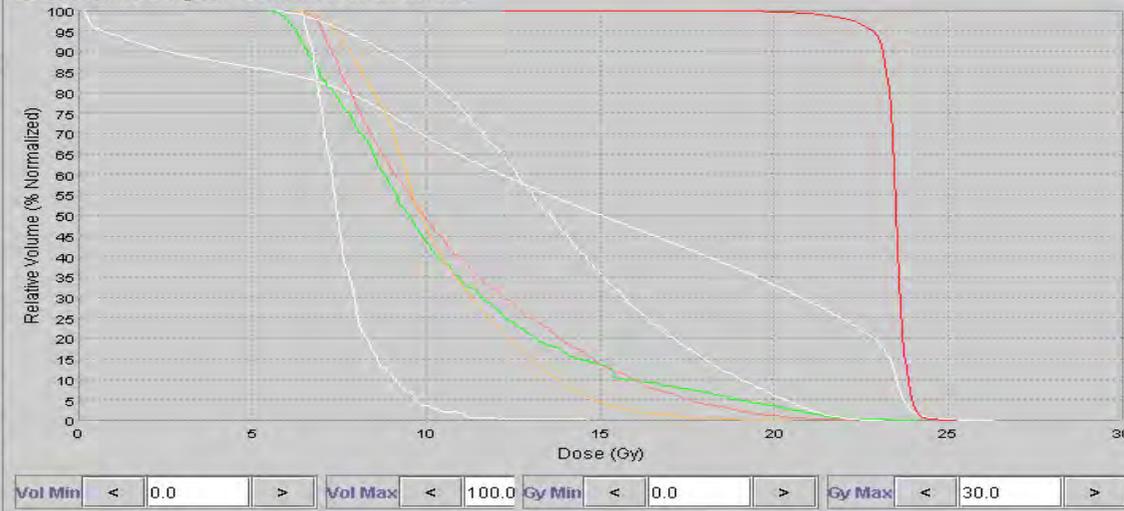
Pause

Resume

Get Full Dose

Cancel

Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative



Plan date: Jul 31, 2007 7:04:19 PM

DOA plan:

Oncologist:

Patient position: HFS

Disease: MEDULLO

What's Next

Adjust Fractionization Schedule

- Modify the fraction count or adjust details for each fraction as necessary.
- Run Final Dose.
- ⏴ When you are satisfied with the plan, click Final Accept.

User: Albert Lisbona



ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis

Fraction Count  
18

The plan has 18 fractions defined for a planned delivery of 36.0 Gy.  
The Median dose to the PTV1 volume is 36.0 Gy for the current plan.  
Modulation factor for this tomotherapy IMRT plan is 2.71

Unlock Future Fractions

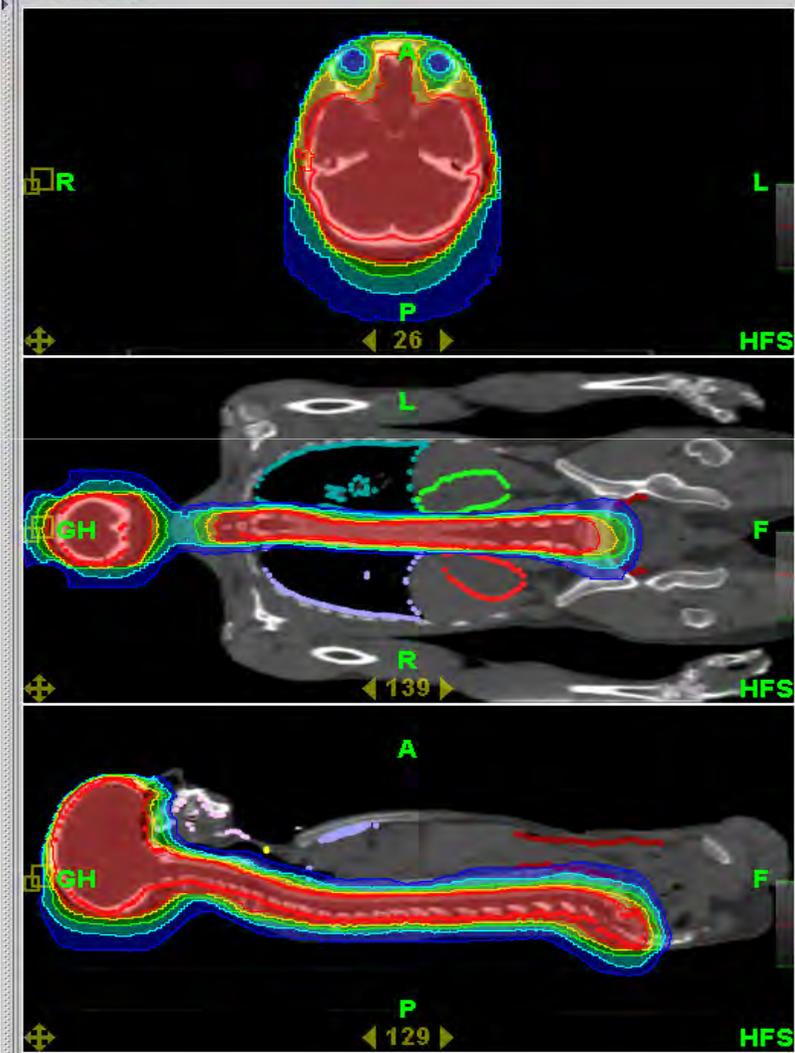
Fraction	Locked	Fraction Date	Fraction	Locked	Fraction Date
1	<input type="checkbox"/>	August 08, 2007	16	<input type="checkbox"/>	August 29, 2007
2	<input type="checkbox"/>	August 09, 2007	17	<input type="checkbox"/>	August 30, 2007
3	<input type="checkbox"/>	August 10, 2007	18	<input type="checkbox"/>	August 31, 2007
4	<input type="checkbox"/>	August 13, 2007			
5	<input type="checkbox"/>	August 14, 2007			
6	<input type="checkbox"/>	August 15, 2007			
7	<input type="checkbox"/>	August 16, 2007			
8	<input type="checkbox"/>	August 17, 2007			
9	<input type="checkbox"/>	August 20, 2007			
10	<input type="checkbox"/>	August 21, 2007			
11	<input type="checkbox"/>	August 22, 2007			
12	<input type="checkbox"/>	August 23, 2007			
13	<input type="checkbox"/>	August 24, 2007			
14	<input type="checkbox"/>	August 27, 2007			
15	<input type="checkbox"/>	August 28, 2007			

Dose Display

Isodose

34  
30  
25  
20  
15

Patient Images



Finalize

Final Dose  
Final Accept  
Plan Report

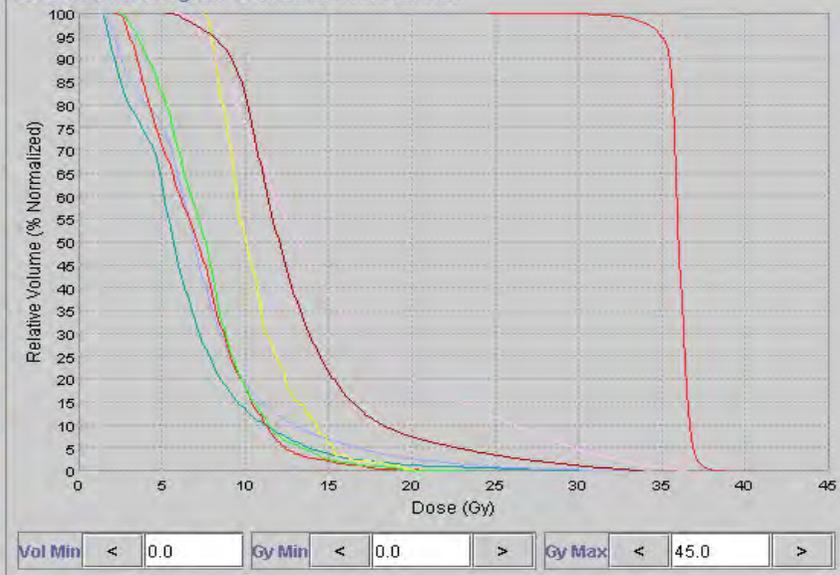
Tumor Settings

Name	Display	Color
PTV1	<input checked="" type="checkbox"/>	Red

Sensitive Structure Settings

Name	Display	Color
Patient	<input type="checkbox"/>	Brown
Oesophage	<input type="checkbox"/>	Light Green
Coeur	<input type="checkbox"/>	Magenta
Foie	<input type="checkbox"/>	Pink
Poumon G	<input checked="" type="checkbox"/>	Teal
Poumon D	<input checked="" type="checkbox"/>	Light Blue
Moelle	<input type="checkbox"/>	Olive
REIN D	<input type="checkbox"/>	Red
REIN G	<input checked="" type="checkbox"/>	Light Green

Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative



**TomoTherapy Planning Station -- Centre Rene Gauducheau**

Plan: **Plan\_02**  
 Plan status: **Approved**  
 DQA plan:  
 Patient position: **HFS**

Plan date: **Aug 31, 2007 4:05:51 PM**  
 Oncologist:  
 Disease: **DERMATO**

User: **Albert Lisbona**

**What's Next**

**Adjust Fractionization Schedule**

- Modify the fraction count or adjust details for each fraction as necessary.
- Run **Final Dose**.
- When you are satisfied with the plan, click Final Accept.

**ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis**

Fraction Count: 30  
 The plan has 30 fractions defined for a planned delivery of 70.0 Gy. The Median dose to the PTV 2 volume is 70.0 Gy for the current plan. Modulation factor for this tomotherapy IMRT plan is 2.08

Unlock Future Fractions

**Dose Display**

Isodose

71  
68  
59  
50  
40

Fraction	Locked	Fraction Date	Fraction	Locked	Fraction Date
1	<input type="checkbox"/>	September 05, 2007	16	<input type="checkbox"/>	September 26, 2007
2	<input type="checkbox"/>	September 06, 2007	17	<input type="checkbox"/>	September 27, 2007
3	<input type="checkbox"/>	September 07, 2007	18	<input type="checkbox"/>	September 28, 2007
4	<input type="checkbox"/>	September 10, 2007	19	<input type="checkbox"/>	October 01, 2007
5	<input type="checkbox"/>	September 11, 2007	20	<input type="checkbox"/>	October 02, 2007
6	<input type="checkbox"/>	September 12, 2007	21	<input type="checkbox"/>	October 03, 2007
7	<input type="checkbox"/>	September 13, 2007	22	<input type="checkbox"/>	October 04, 2007
8	<input type="checkbox"/>	September 14, 2007	23	<input type="checkbox"/>	October 05, 2007
9	<input type="checkbox"/>	September 17, 2007	24	<input type="checkbox"/>	October 08, 2007
10	<input type="checkbox"/>	September 18, 2007	25	<input type="checkbox"/>	October 09, 2007
11	<input type="checkbox"/>	September 19, 2007	26	<input type="checkbox"/>	October 10, 2007
12	<input type="checkbox"/>	September 20, 2007	27	<input type="checkbox"/>	October 11, 2007
13	<input type="checkbox"/>	September 21, 2007	28	<input type="checkbox"/>	October 12, 2007
14	<input type="checkbox"/>	September 24, 2007	29	<input type="checkbox"/>	October 15, 2007
15	<input type="checkbox"/>	September 25, 2007	30	<input type="checkbox"/>	October 16, 2007

**Finalize**

Final Dose  
Final Accept  
Plan Report

**Tumor Settings**

Name	Display	Color
PTV 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Red
PTV 2	<input checked="" type="checkbox"/>	Red

**Sensitive Structure Settings**

Name	Display	Color
Patient	<input checked="" type="checkbox"/>	Cyan
OEIL D	<input checked="" type="checkbox"/>	Orange
OEIL G	<input checked="" type="checkbox"/>	Orange
CRISTALLI	<input checked="" type="checkbox"/>	Yellow
CRISTALLI	<input checked="" type="checkbox"/>	Yellow
NO DT CHI	<input checked="" type="checkbox"/>	Orange
GTV	<input type="checkbox"/>	Orange
GTV4	<input type="checkbox"/>	Yellow
gty def	<input type="checkbox"/>	Red

**Dose-Volume Histogram - Cumulative Mode Relative**

Vol Min < 0.0 Gy Min < 0.0 Gy Max < 75.0 >

**Patient Images**

Tuesday, September 18, 2007 13:15:00

What's Next

Adjust Fractionization Schedule

- ➡ Modify the fraction count or adjust details for each fraction as necessary.
- ➡ Run **Final Dose**.
- ⌚ When you are satisfied with the plan, click Final Accept.



ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis

Fraction Count: 25  
 The plan has 25 fractions defined for a planned delivery of 50.0 Gy.  
 Median dose to the PTV prostate volume is 50.0 Gy for the current plan.  
 Modulation factor for this tomotherapy IMRT plan is 2.393

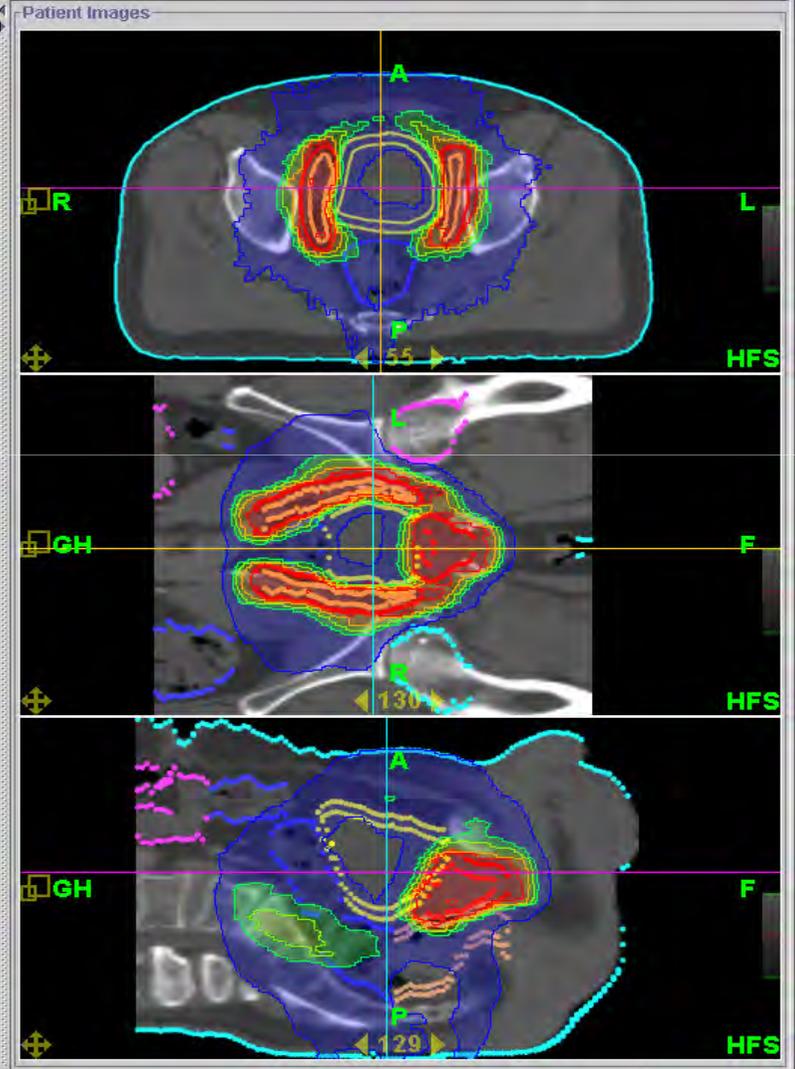
Fraction	Locked	Fraction Date	Fraction	Locked	Fraction Date
1	<input type="checkbox"/>	September 10, 2007	16	<input type="checkbox"/>	October 01, 2007
2	<input type="checkbox"/>	September 11, 2007	17	<input type="checkbox"/>	October 02, 2007
3	<input type="checkbox"/>	September 12, 2007	18	<input type="checkbox"/>	October 03, 2007
4	<input type="checkbox"/>	September 13, 2007	19	<input type="checkbox"/>	October 04, 2007
5	<input type="checkbox"/>	September 14, 2007	20	<input type="checkbox"/>	October 05, 2007
6	<input type="checkbox"/>	September 17, 2007	21	<input type="checkbox"/>	October 08, 2007
7	<input type="checkbox"/>	September 18, 2007	22	<input type="checkbox"/>	October 09, 2007
8	<input type="checkbox"/>	September 19, 2007	23	<input type="checkbox"/>	October 10, 2007
9	<input type="checkbox"/>	September 20, 2007	24	<input type="checkbox"/>	October 11, 2007
10	<input type="checkbox"/>	September 21, 2007	25	<input type="checkbox"/>	October 12, 2007
11	<input type="checkbox"/>	September 24, 2007			
12	<input type="checkbox"/>	September 25, 2007			
13	<input type="checkbox"/>	September 26, 2007			
14	<input type="checkbox"/>	September 27, 2007			
15	<input type="checkbox"/>	September 28, 2007			

Unlock Future Fractions

Dose Display

Isodose

- 49
- 45
- 40
- 35
- 20



Finalize

Final Dose

Final Accept

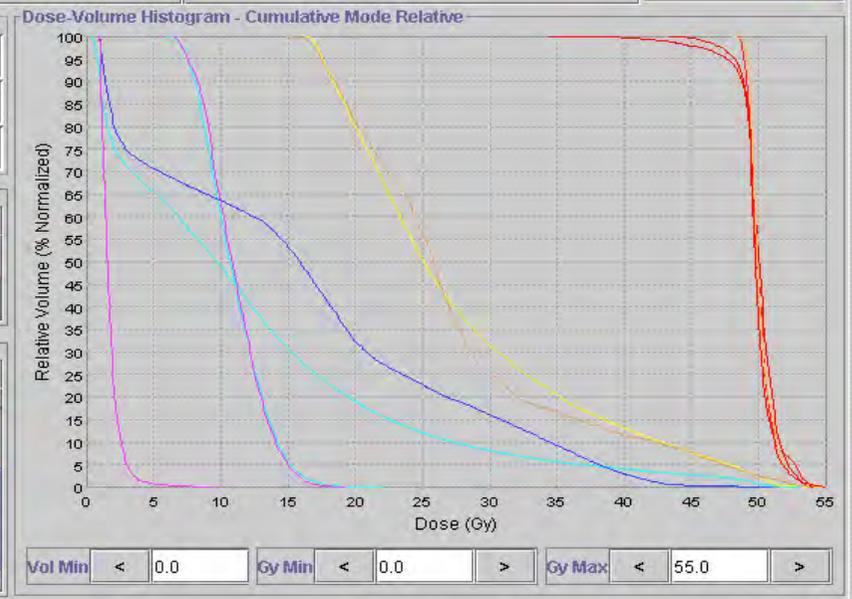
Plan Report

Tumor Settings

Name	Display	Color
PTV prost	<input checked="" type="checkbox"/>	Red
PTV GG	<input checked="" type="checkbox"/>	Green

Sensitive Structure Settings

Name	Display	Color
PTV Prost	<input checked="" type="checkbox"/>	Red
prostate	<input checked="" type="checkbox"/>	Red
colon	<input checked="" type="checkbox"/>	Blue
grêle	<input checked="" type="checkbox"/>	Magenta
GG belvien	<input checked="" type="checkbox"/>	Orange
Rectum Int	<input checked="" type="checkbox"/>	Brown
Vessie inte	<input checked="" type="checkbox"/>	Yellow
Aide 1	<input type="checkbox"/>	
Aide 2	<input type="checkbox"/>	
Couch	<input type="checkbox"/>	



# Imagerie de positionnement

- Pratique au CLCC de Nantes :
  - Réalisation d'une imagerie de repositionnement MVCT quotidienne quelque soit la localisation prise en charge et pour chaque patient.

Oncologist: [Redacted] Patient position: HFS  
Disease: MEDULLO

User: Hacene Boukouane

**What's Next**  
**Start Registration**  
 Click **Start Auto** OR **Start Manual**, or click **Accept** if finished.  
 For automatic registration, select calculation parameters.

Scan Register Treat Calibrate

Bone Technique  
 Bone Technique  
 Bone and Tissue Technique  
 Full Image Technique  
 Incomplete Field of View

Translations only

Automatic Calculation Manual Control  
 Coarse  Fine

Translational Adjustments (mm)  
 Lateral (IEC Tx) [0] [Reset]  
 Longitudinal (IEC Ty) [0]  
 Vertical (IEC Tz) [0]

Rotational Adjustments (degrees)  
 Pitch [0] [Reset]  
 Roll [0]  
 Yaw [0]

Accept  
 Export

Orientation  
 Transverse  
 Coronal  
 Sagittal [Switch]

TomImage Component  
 Color [Yellow]

Composition  
 Balance [Slider]  
 Checker [Slider]

Reference Image Component  
 Isodose  
 ROIs  
 Lasers  
 Dose 36.0 Gy

38.52
36
34.2
32.4
28.8
25.2
18
10.8

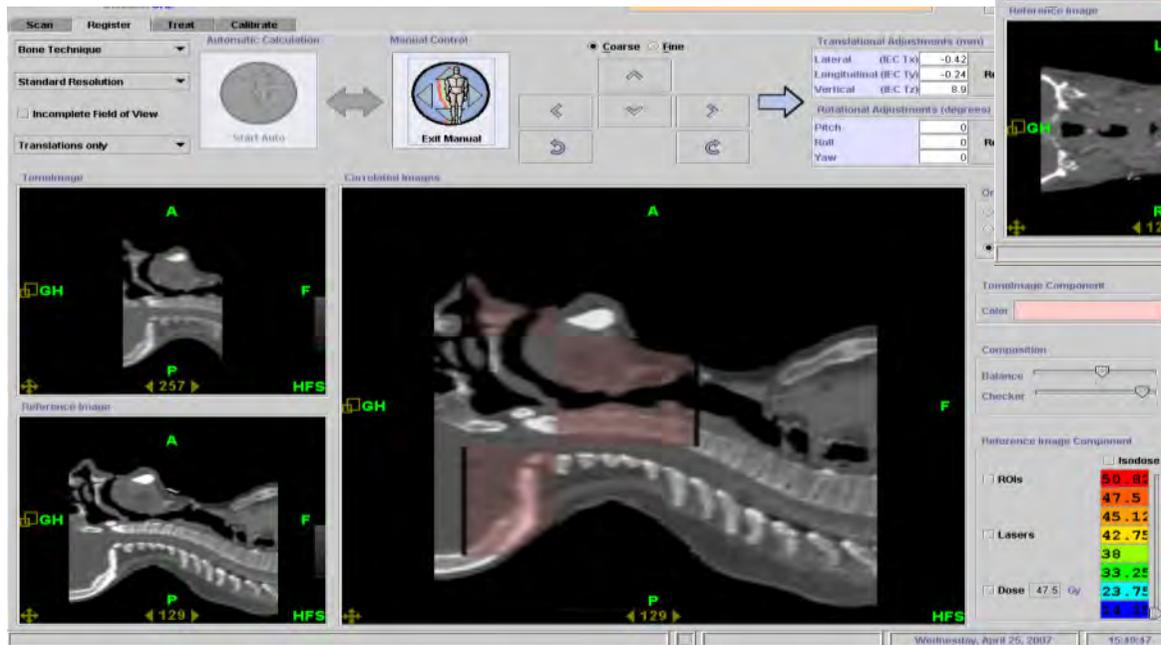
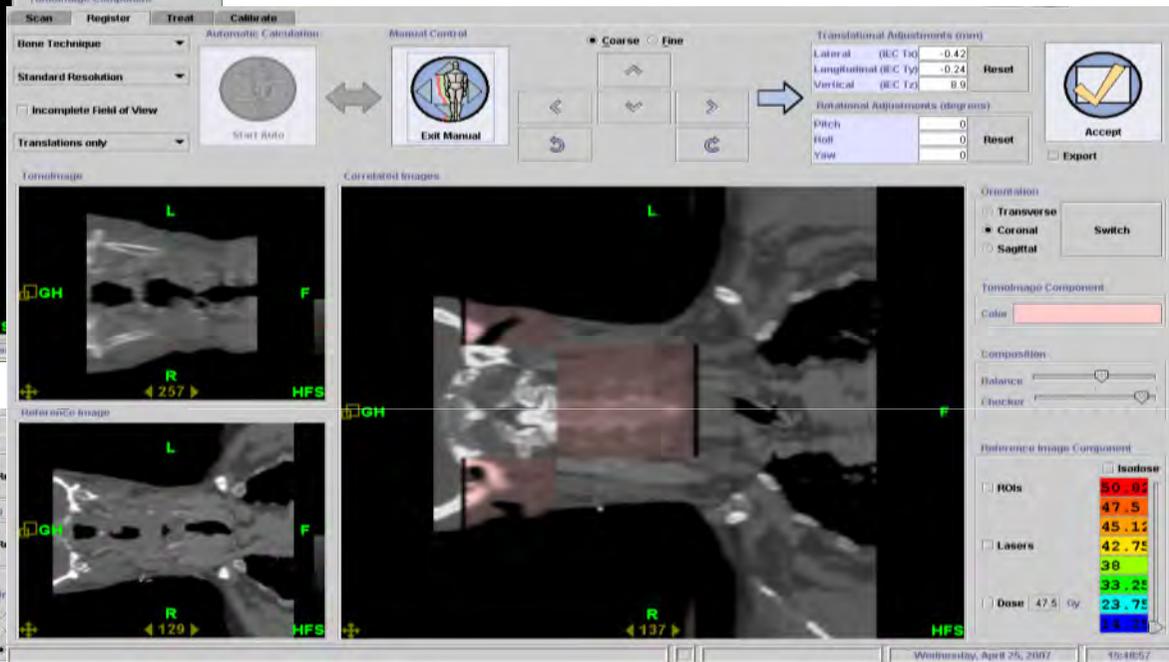
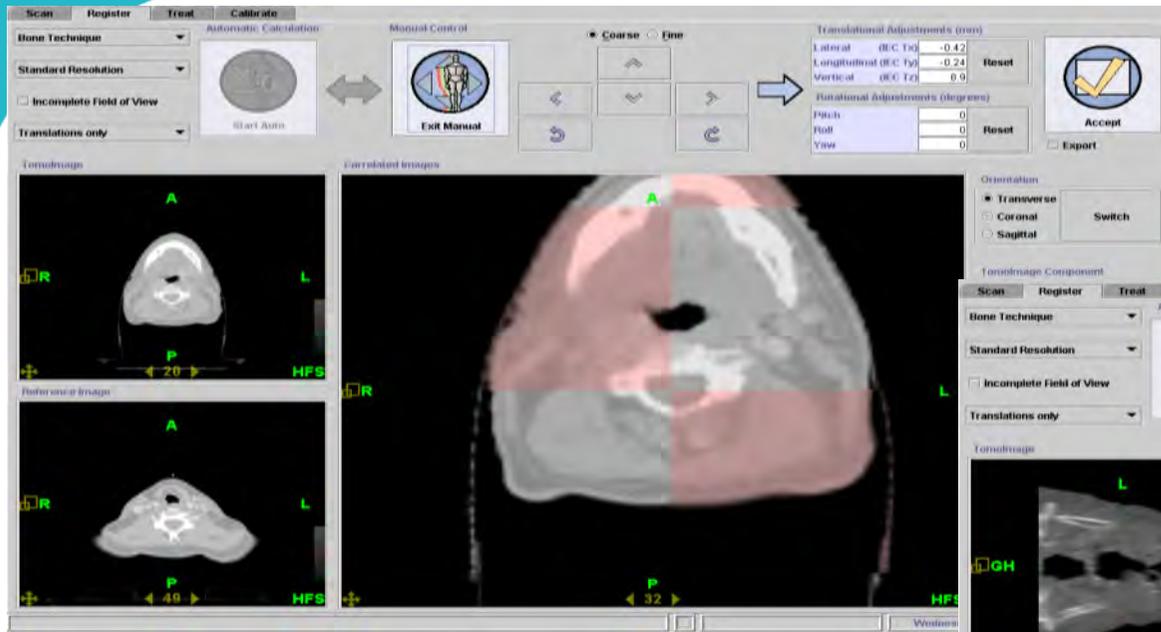
TomImage  
 Correlated Images

Reference Image

Tuesday, September 18, 2007 16:29:02

date	Translations Pitch + Yaw + Roll						Translations translations + Roll				Translations avec correction manuelle			
	X	Y	Z	Pitch	Roll	Yaw	X	Y	Z	Roll	X	Y	Z	Roll
09/08/2007	2,1	-1,32	5,55	-0,57	0,09	0,79	3,2	-0,36	6,35	-0,02	3	-0,36	5,35	-0,02
10/08/2007	3,75	-0,47	2,36	-0,53	-0,24	1,02	4,27	0,57	4,3	-0,44	4	0,57	3,3	-0,44
13/08/2007	2,55	-0,48	5,98	-0,7	-0,21	1,09	3	-2,91	6,47	-0,11	1	3,09	6,47	-0,11
14/08/2007	2,64	-1,77	7,09	-0,41	-0,29	0,96	2,76	-2,57	6,98	-0,3	1	-2,57	6,99	-0,3
16/08/2007	2,78	0	6,25	0	0,06	0	3,01	0	6,21	0,06	3	0	6,21	0,06
17/08/2007	4,41	-0,89	5,93	-0,45	0,09	1,24	4,4	-2,47	5,5	-0,05	4	-2,47	5,5	-0,05
20/08/2007	4,35	-0,28	4	-0,38	-0,13	1,12	5,22	2,23	4,58	-0,16	7	2,23	3,58	-0,16
21/08/2007	2,93	0,25	4,99	-0,76	-0,06	0,97	2,71	2,71	4,76	-0,07	1	2,71	3,76	-0,07
22/08/2007	2,48	-1,11	6,84	-0,78	-0,08	1,03	2,46	-2,82	6,62	0	1	0,18	7,62	0
23/08/2007	2,95	0	6,13	0	0,16	0	3,35	0	6,16	0,16	3	2	5,16	0,16
27/08/2007	2,77	-2,41	4,97	-0,43	0,04	0	2,68	-0,55	5,08	0,02	3	-0,55	4,08	0,02
28/08/2007	4,01	-0,3	4,97	-1,18	0,42	0	3,29	-0,05	4,75	0	4	3,95	4,75	0
29/08/2007	3,02	-1,36	6,97	0	0,09	1	2,99	-2,88	6,97	0,09	4	0,12	5,97	0,09
30/08/2007	4,37	-0,17	5,46	-0,96	-0,05	1,6	4,34	0	5,11	-0,06	6	2	7,11	-0,06
31/08/2007	3,61	-0,06	6,19	-0,99	-0,02	1	3,66	-2,53	6,21	-0,04	3	1,47	6,22	-0,04
03/09/2007	1,41	-1,38	6,24	-1,38	0,37	1,08	1,6	-2,93	5,78	0,28	-1	3,07	6,77	0,28
04/09/2007	2,56	-0,31	5,88	-0,99	0,09	0,07	2,56	-2,64	6,34	0,09	2	4,36	6,33	0,09
05/09/2007	4,07	-0,39	6,74	-1,57	0,12	0,19	4,14	0	6,96	0,09	3	0	5,96	0,09
07/09/2007	3,82	-0,76	7,69	-0,65	0,03	1,18	3,75	-0,08	8,11	0	4	1,92	7,11	0

## Fusion-recalage rigide (os – tissus mous)



Contrôle de  
qualité du plan  
du patient  
transposable au  
fantôme

Ajuster la  
position du  
fantôme pour  
une meilleure  
comparaison

TomoTherapy Planning Station — Centre Rene Gauducheau

What's Next  
**Delivery QA Plan Complete**  
The procedures from this plan may be used to treat the phantom.

ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis

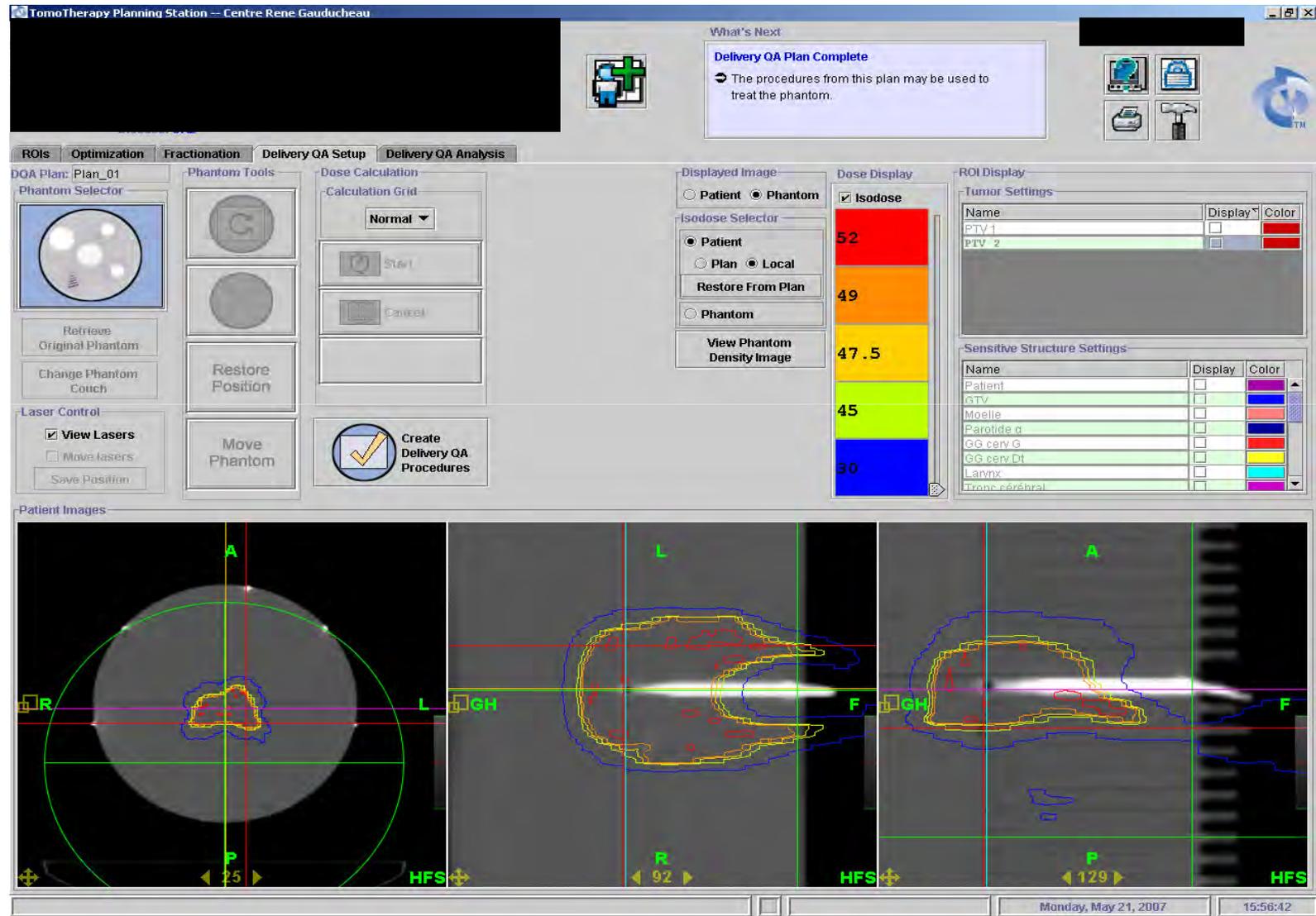
DQA Plan: Plan\_01  
Phantom Selector  
Phantom Tools  
Dose Calculation  
Calculation Grid  
Normal  
Start  
Cancel  
Laser Control  
View Lasers  
Move Lasers  
Save Position  
Restore Position  
Move Phantom  
Create Delivery QA Procedures

Displayed Image  
Patient Phantom  
Isodose Selector  
Patient Plan Local  
Restore From Plan  
View Phantom Density Image

Dose Display  
Isodose  
52  
49  
47.5  
45  
30

ROI Display  
Tumor Settings  
Name Display Color  
PTV 1  
PTV 2  
Sensitive Structure Settings  
Name Display Color  
Patient  
GTV  
Moelle  
Parotide g  
GG cerv G  
GG cerv Dt  
Larvx  
Tronc cerebral

Patient Images  
A  
R  
L  
P  
HFS  
25  
L  
R  
F  
GH  
HFS  
92  
A  
R  
F  
GH  
HFS  
129  
Monday, May 21, 2007 15:56:42

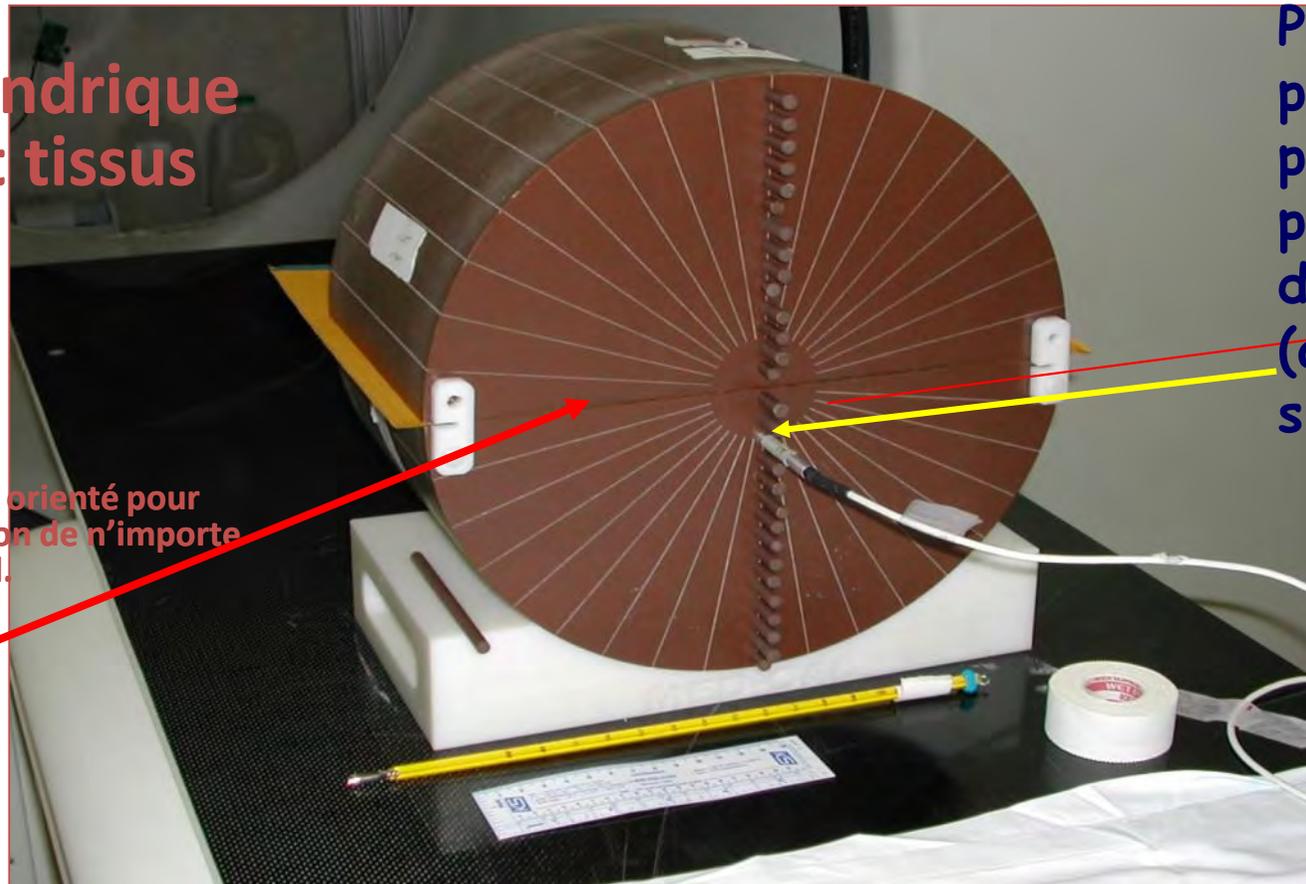


## Fantôme de contrôle de qualité

Fantôme cylindrique  
équivalent tissu

Plan du film

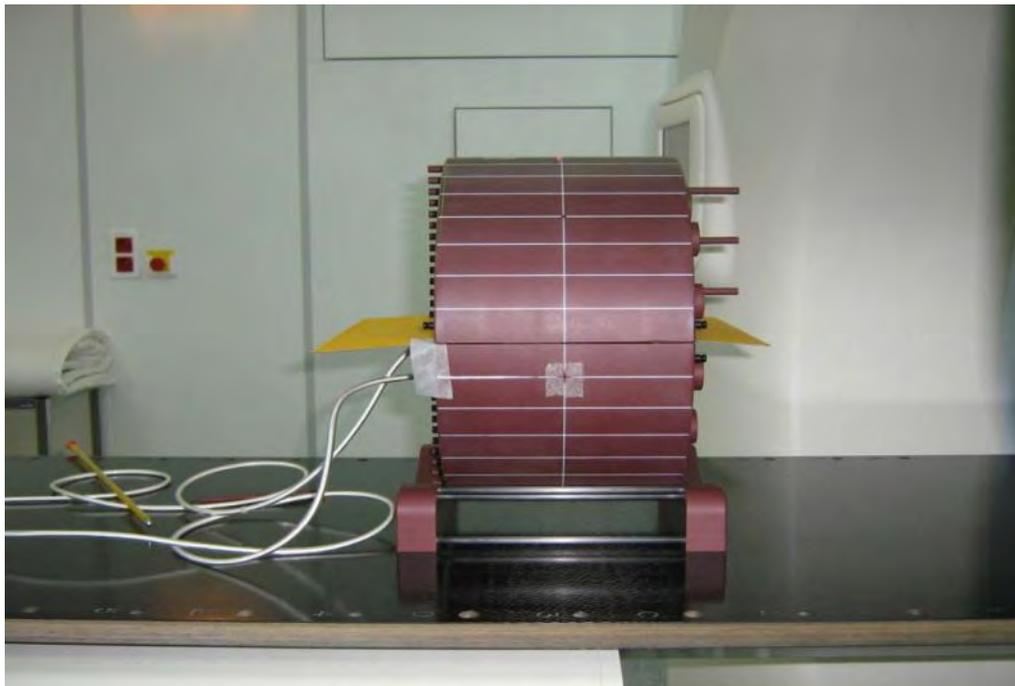
L'objet test peut être orienté pour  
permettre l'acquisition de n'importe  
quel plan orthogonal.



Plan de mesure  
pour le film et  
positions des  
points de mesure  
de dose  
(acquisition  
simultanées)

# Fantôme cylindrique équivalent tissus

## Films Kodak EDR2



### A1SL Ion Chamber Specifications



<b>Collecting Volume:</b>	0.066 cm <sup>3</sup>
<b>Nominal Calibration Factor:</b>	60 R/nC
<b>Centroid of Collecting Volume:</b>	4.1 mm from tip of chamber
<b>Collector Diameter:</b>	1.0 mm
<b>Outside Diameter of Shell</b>	
Collecting Volume:	6.25 mm
<b>Wall Thickness:</b>	1.1 mm
<b>Shell, Collector, and Guard</b>	
<b>Material:</b>	<b>A1SL – Shonka Air-Equiv.</b> plastic C552

Plan date: Jan 25, 2008 9:17:19 AM

Oncologist:

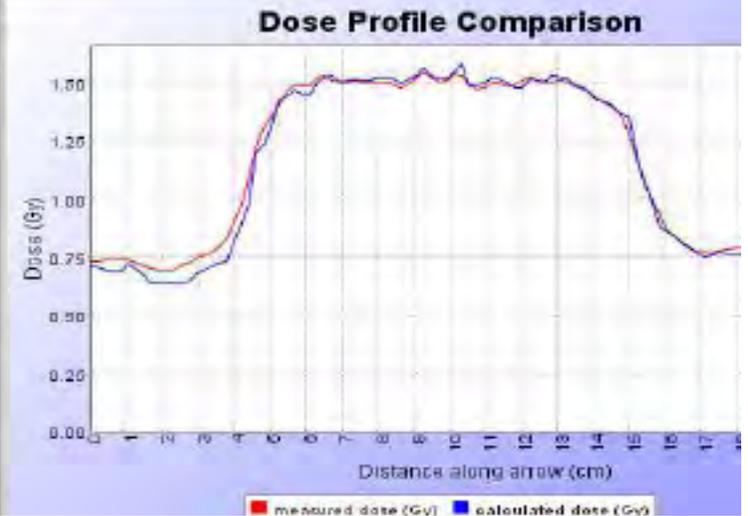
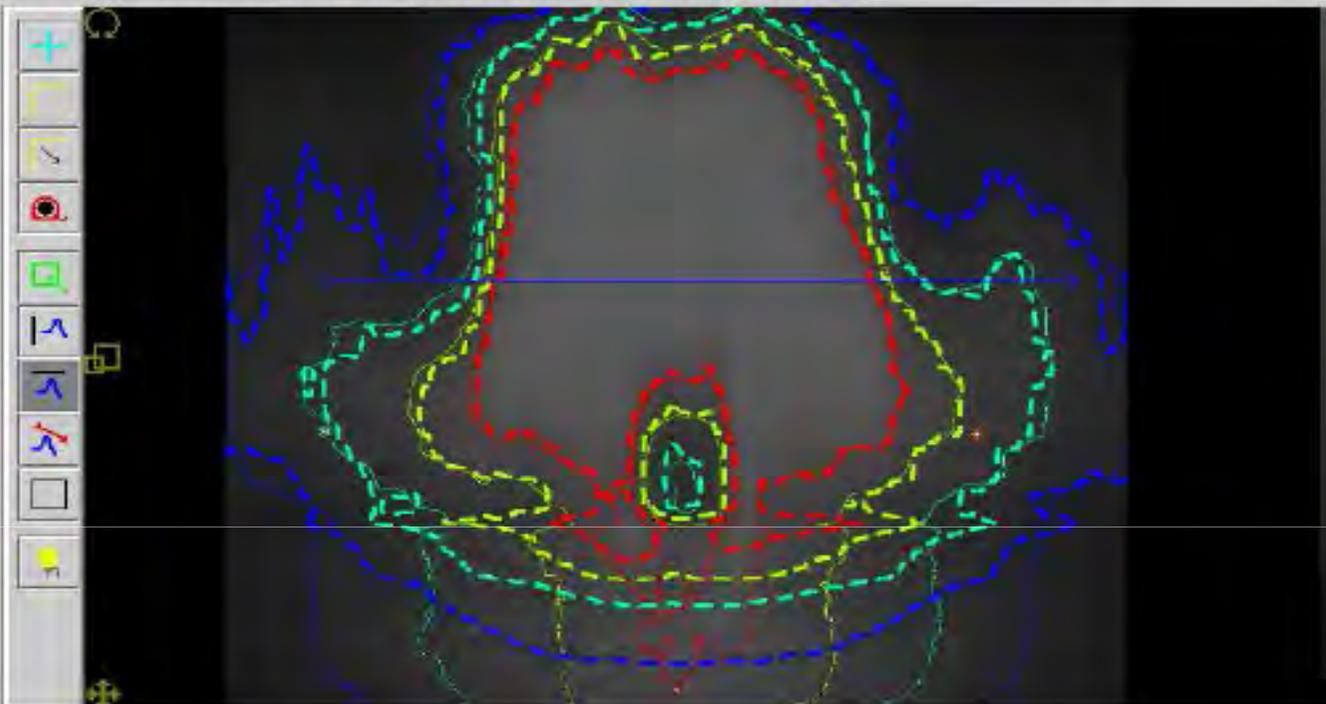
Disease: OFRLIMAGE450

DQA plan: CQIMR

Patient position: HFS

for this procedure.  
Click Save POIs to save POI data.

ROIs Optimization Fractionation Delivery QA Setup Delivery QA Analysis



Display Options

No contours  
 Show gamma  
 Show these contours:  
 Show film contours  
 Show calc contours  
 Show patient ROIs

Show film profile  
 Show background?  
 Film background  
 Phantom background

Show calc.  Show calc.

Search distance: (cm): 0.3  
 DTA tolerance: (cm): 0.3  
 Dose tolerance: (Gy): 0.08

Select Procedure

Reference dose: 2 Gy

Proc number: 1

Dose Display

Isodose

1.2

1

0.8

0.6

Film Registration

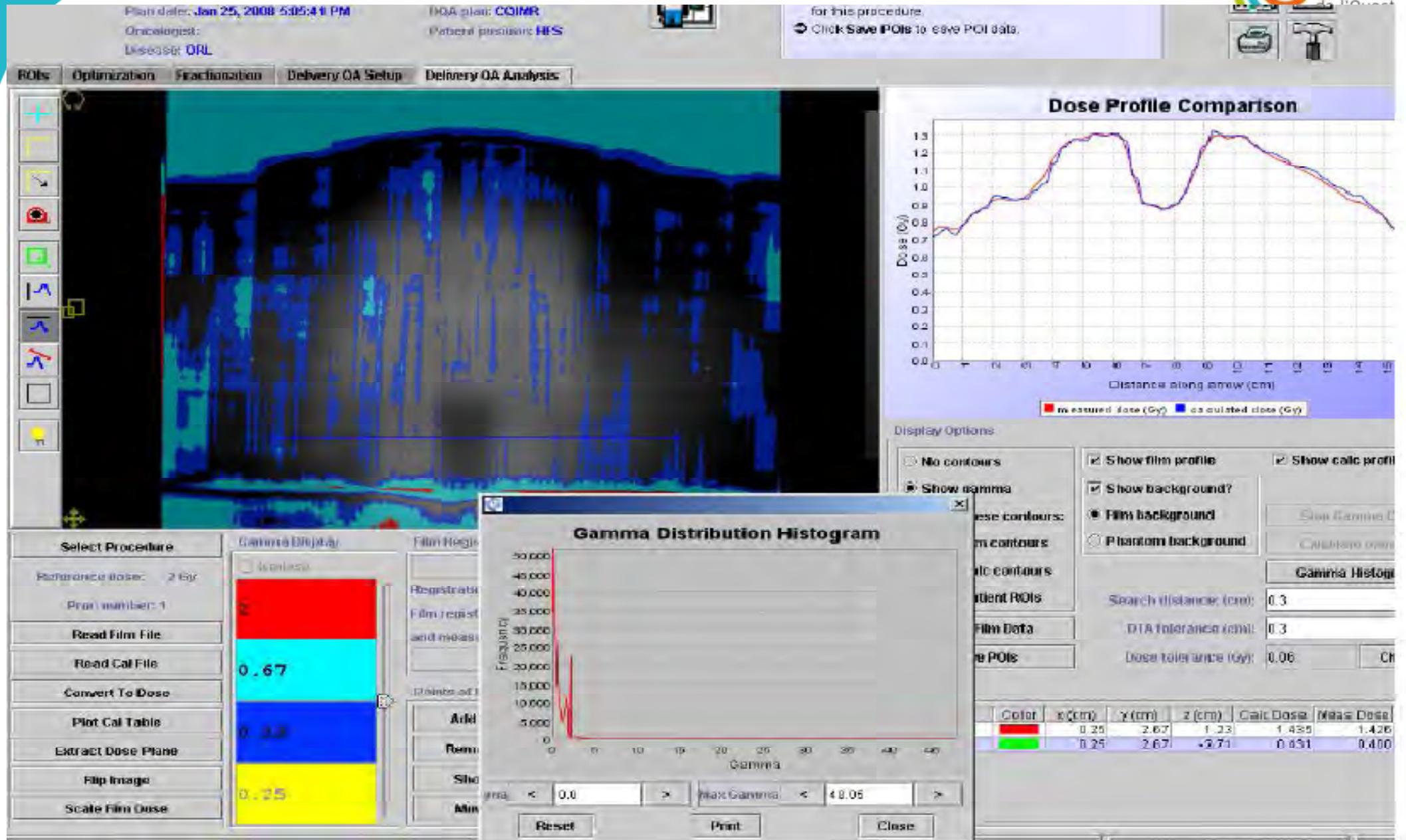
**Register Film Position**

Registration type: CORONAL ORIENTATION patient slice: 117

Film registration succeeded. You may now compare calculated and measured doses.

Points of Interest

Name	Color	x (cm)	y (cm)	z (cm)	Calc Dose	Meas D
POI_00	Red	0.08	8.09	1.56	1.544	C
POI_01	Green	0.08	8.09	-2.38	0.380	C



# Conclusion

- Appliquer les recommandations lorsque elles existent.
- Connaître les limites des outils et leur pertinence.
- Connaître son organisation.
- Evaluer ses pratiques :
  - Audit interne,
  - Audit externe.



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**



# La radiothérapie

