

Les défis des équipes de physique médicale face aux nouvelles technologies

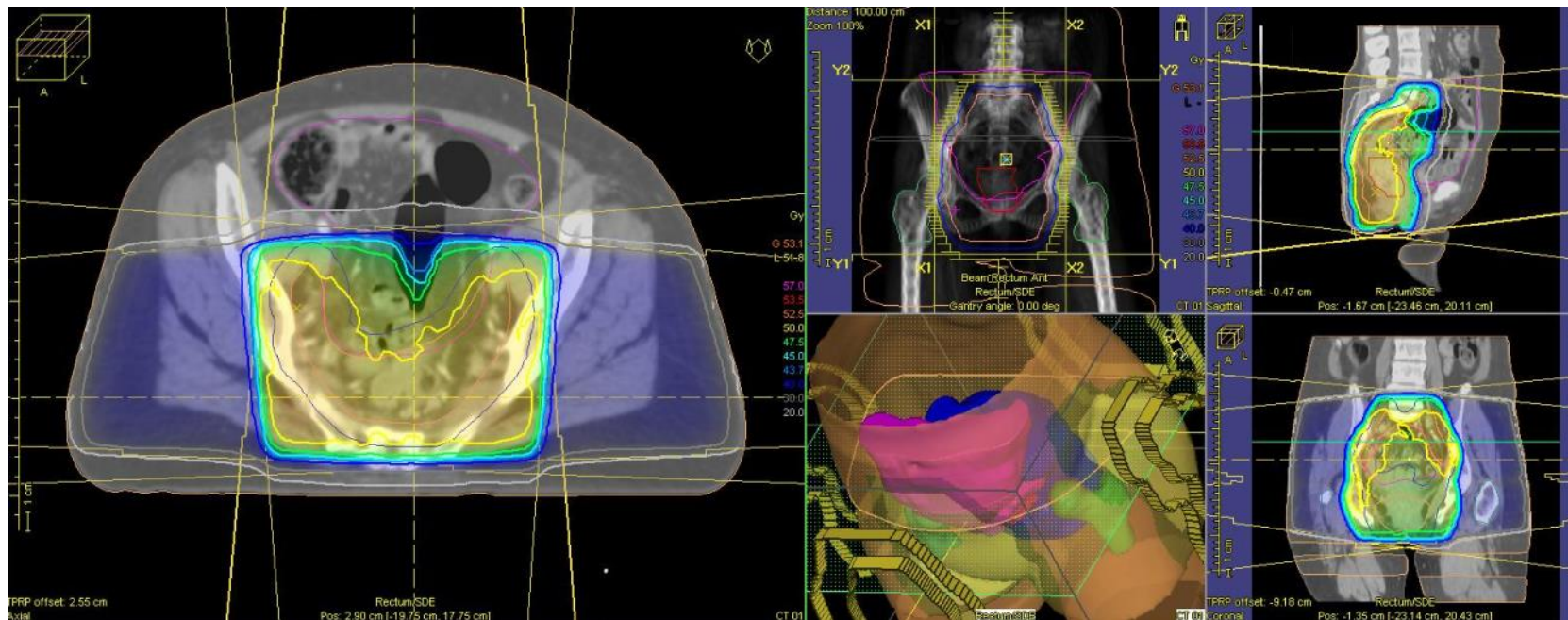
Albert Lisbona

Institut de Cancérologie de l'Ouest
Bd J. Monod – 44805 Saint-Herblain
Service de physique médicale

La radiothérapie externe

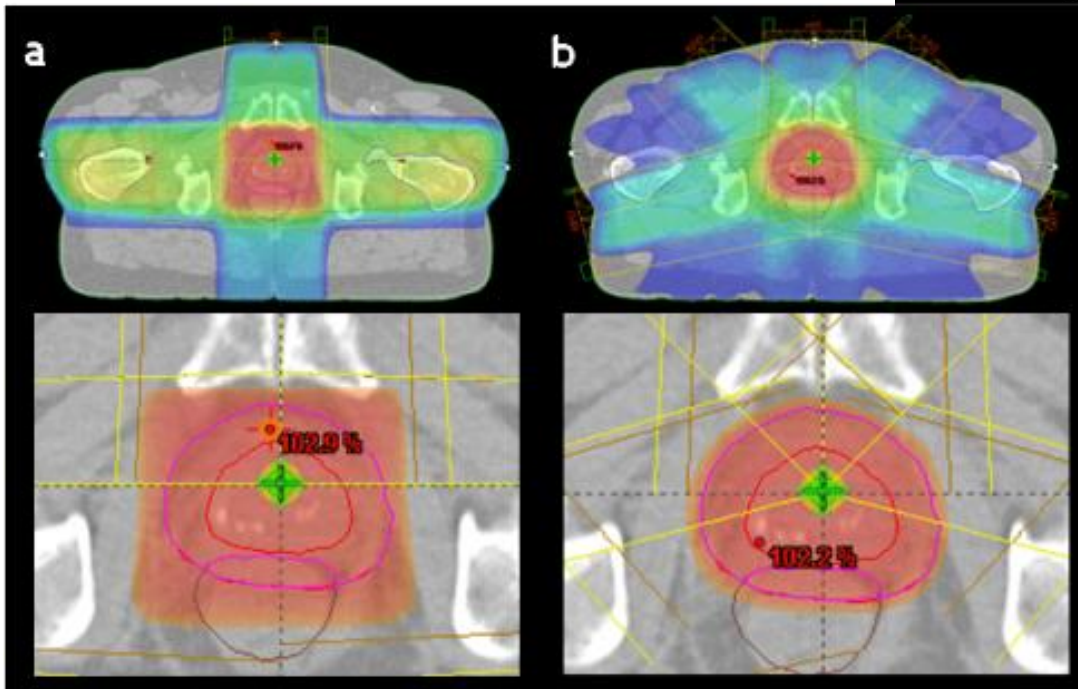
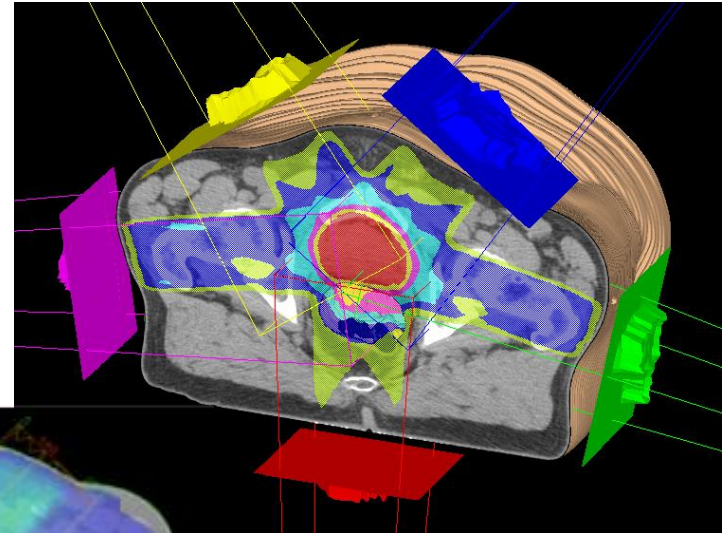
- La radiothérapie est une activité de soins utilisant les rayonnements ionisants.
- Le principe générique de la radiothérapie est de délivrer une dose tumoricide à une cible située dans un organe en réduisant la dose délivrée aux tissus adjacents à un seuil permettant d'éviter une complication ou la défaillance de tout ou partie de cet organe.
- La protection du patient s'inscrit dans le respect strict de la prescription médicale tant du point de la dose absorbée par la cible que de celui de la dose absorbée par les tissus sains.

Radiothérapie RC3D dite « classique »



Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI)

- Cas de la prostate



Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI)

- Les avantages
 - traitement de cibles complexes (concavités)
 - meilleure protection des organes à risque, des tissus sains
 - planification **inverse** : on part de la solution (distribution de dose) pour arriver aux données de départ (paramètres des faisceaux)
 - la solution au problème inverse (problème mathématique) n'est pas unique
 - nécessité d'**optimisation**

Les principaux apports dosimétriques

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

Exemple : Irradiations en conditions stéréotaxiques

La mise en œuvre dans un service

- La radiothérapie externe est considérée comme étant une activité à haut risque indépendamment de l'évolution des techniques et des connaissances
 - Nécessite une gestion rigoureuse et réfléchie en amont et suivie tout au long de l'utilisation
- **Recommandation Rapport GPMED « Recommandations du groupe de travail sur les conditions de mise en œuvre des « nouvelles techniques et pratiques » en radiothérapie, nov. 2014**
 - **Rapport n°25 du NCS (Pays-Bas) « Process Management and Quality Assurance for Intracranial Stereotactic Treatment », oct. 2015**
 - **Rapport SFPM « Qualité et sécurité des traitements de radio chirurgie et de radiothérapie stéréotaxique » (2018)**



Recommandations du groupe de travail sur les conditions de mise en œuvre des « nouvelles techniques et pratiques » en radiothérapie

EF. Lartigau, A. Lisbona & A.
Isambert

au nom du GT du GPMED

La mise en œuvre dans un service

- Recommandation Rapport GPMED « Recommandations du groupe de travail sur les conditions de mise en œuvre des « nouvelles techniques et pratiques » en radiothérapie », nov. 2014
- Se placer en mode gestion de projet le plus tôt possible :
 - La définition du projet médical initial est essentielle
 - Constituer une équipe restreinte, pluridisciplinaire et expérimentée (au moins 5 ans d'expérience) dédiée à la mise en œuvre [...] avec pour objectif de maîtriser l'ensemble des fonctionnalités et des processus liés à la nouvelle technique avant d'ouvrir l'équipe à d'autres personnes
 - Favoriser l'émergence de personnel référent / expert dans l'utilisation de la technique
 - Procéder à une analyse de risques a priori (dont découlera la démarche MQ/GdR)
 - Augmenter progressivement le nombre de patients et la complexité des traitements
 - Diffuser la nouvelle technique au reste de l'équipe à l'aide d'une formation continue tracée et validée

La mise en œuvre dans un service

- **Recommandation Rapport GPMED « Recommandations du groupe de travail sur les conditions de mise en œuvre des « nouvelles techniques et pratiques » en radiothérapie », nov. 2014**
- **Promouvoir les audits internes et externes :**
 - Contrôle externe dosimétrique recommandé
 - Non obligatoire actuellement pour cette technique
 - Avant la première séance puis régulièrement
 - Peut être remplacé par des inter-comparaisons dosimétriques entre centres
 - Audit par les pairs (pluridisciplinaire)
 - Lors de la mise en service puis potentiellement périodiquement
 - Réalisation d'EPP
 - À mettre en relation avec l'analyse a priori
 - Démarche continue d'amélioration de la qualité
- Formations internes et externes

La mise en œuvre dans un service

- Technique complexe : nécessite des moyens et du temps supérieurs aux techniques plus standards pour mettre en service clinique et assurer la mise en œuvre au quotidien
- Il faut s'assurer de l'adéquation entre le dimensionnement du projet et les ressources humaines disponibles
- Eviter la mise en difficulté des équipes qui pourrait compromettre la sécurité des traitements
- Recommandation GPMED : « Les moyens humains [...] doivent être en nombre suffisant pour permettre la recette et la mise en œuvre de la technique concernée, ensuite pour la faire fonctionner avec les objectifs cliniques préalablement fixés. »

La radiothérapie en conditions stéréotaxiques

- Le principe fondateur de la radiothérapie en conditions stéréotaxiques est de délivrer une dose tumoricide à une cible de faible volume située dans un organe en réduisant la dose délivrée aux tissus adjacents à un seuil permettant d'éviter une complication ou la défaillance de cet organe.
- Elle nécessite :
 - une visualisation et une localisation parfaite de la cible,
 - des plans d'irradiation complexes,
 - un programme d'assurance de qualité entourant toutes les étapes de préparation, vérification, délivrance du traitement et surveillance, incluant la prise en considération en continu, de la position de la cible tout au long du traitement.
- L'élément fondamental est constitué par l'équation revisitée de la dose totale qui avoisine celle prescrite en fractionnement conventionnel, la dose par fraction qui est considérablement plus élevée et l'étalement réduit.

- Systèmes d'irradiation avec une précision mécanique élevée
 - Accélérateurs standards conçus pour une meilleure précision
 - Machine de conception spécifique :
 - Cyberknife (Accuray)
 - Gammaknife (Elekta)



Contrôle du positionnement – repositionnement du patient

- Repositionnement du patient ou de la cible
 - Système d'imagerie de contrôle associé (IGRT) : tube RX/capteur plan
 - Système embarqué
 - » Images 2D ou 3 D CBCT
 - Système externe à la machine
 - » 2 images orthogonales



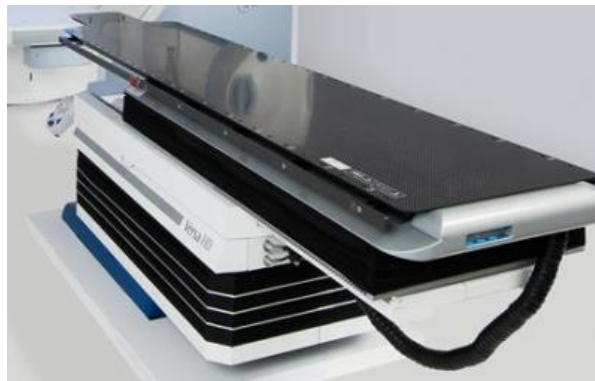
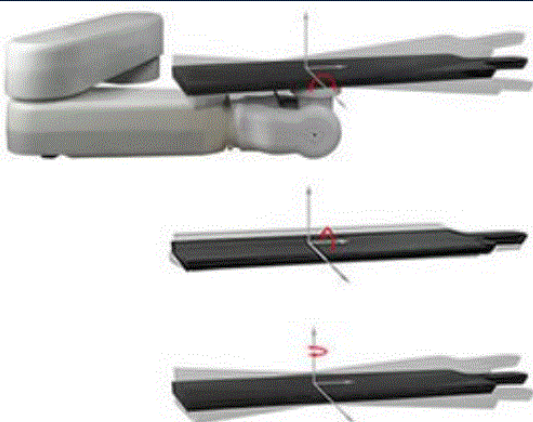
Technologie pour la RTS

- Repositionnement du patient ou de la cible
 - Système d'imagerie de contrôle associé (IGRT)

	Système embarqué	Système externe
Avantages	Imagerie volumique disponible (tissus mous)	Images à n'importe quel moment du traitement, indépendamment de l'état de la machine
	Peu irradiant en 2D-kV	Peu irradiant
Inconvénients	Orientation dépend de la position du bras si image pendant l'irradiation	Pas d'imagerie 3D
	Dose en CBCT	Besoin de fiduciaires pour tissus mous

Technologie pour la RTS

- Repositionnement du patient ou de la cible
 - Système de contention adapté (confort vs immobilisation)
 - Table motorisée et automatisée
 - Permettant déplacements 6D :
 - 3 translations (Ant/Post, Sup/Inf, G/ D)
 - 3 rotations (Roulis, Tangage, Lacet)
 - Permettant la compensation mauvais alignement du patient +/- suivi des mouvements intra-séance



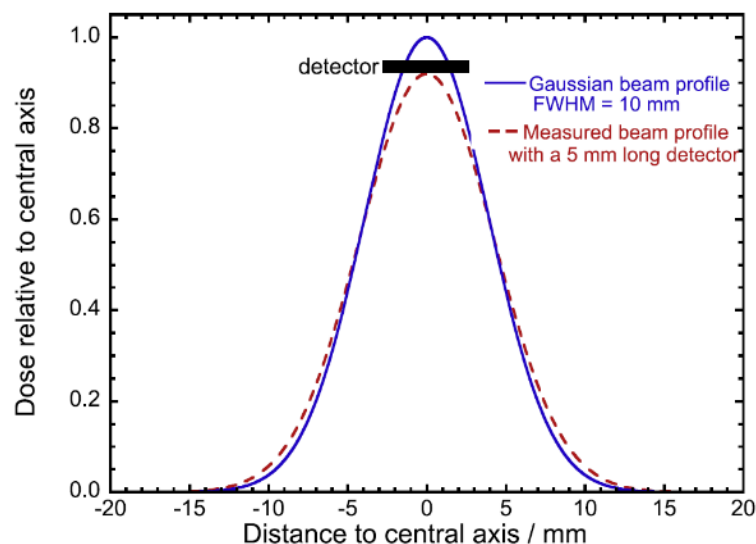
Technologie pour la RTS

- Cas des cibles mobiles avec la respiration (extra-crânien)
 - Différentes stratégies sont possibles :
 - Pas de suivi ou de contrôle pendant la séance
 - Suppression ou diminution du mouvement, irradiation sur une partie du cycle respiratoire
 - Suivi du mouvement pendant l'irradiation (Tracking)
 - Modélisation mathématique de la corrélation entre les mouvements de marqueurs externes et de marqueurs internes (fiduciaires ou anatomiques)
 - Le système d'irradiation « suit » le mouvement interne prédit à partir du mouvement externe observé

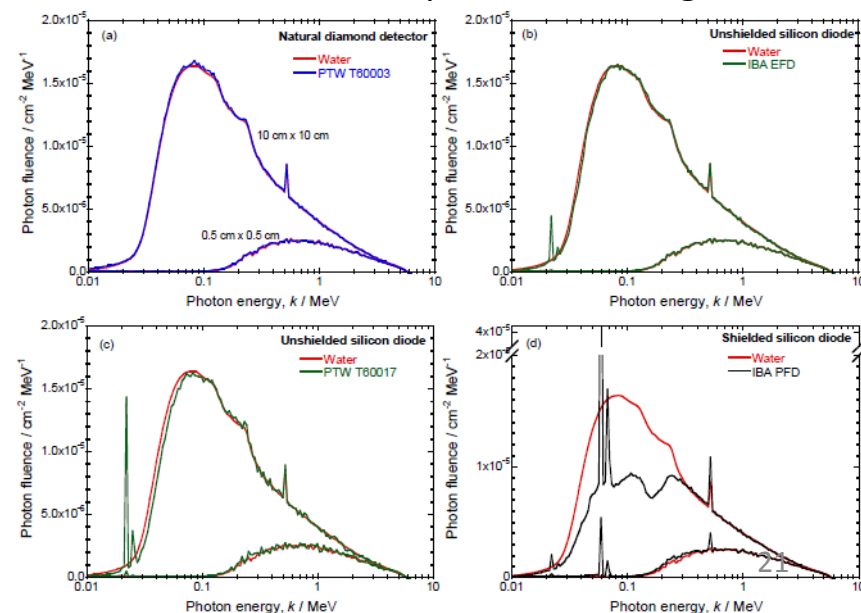
Dosimétrie

- La problématique de la définition et de la mesure de dose dans les petits faisceaux
- Définition d'un petit faisceau (1 des 3 conditions au minimum) :
 - Conditions d'équilibre électronique non remplies
 - Occlusion partielle de la source par le système de collimation
 - Dimensions du détecteur et la taille du champ à mesurer, avec des effets de perturbation plus importants qu'en faisceaux larges

Effet de la dimension

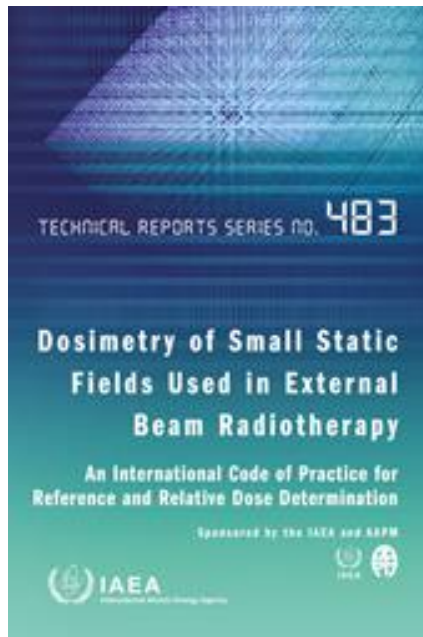


Effet de la variation du spectre en énergie
Andreo 2018, Radiother Oncol & IAEA TRS 483



Dosimétrie : les détecteurs

- Bonne pratique :
- Utilisation d'au moins deux détecteurs adaptés pour les mesures de dose absorbée en fonction de l'ouverture du faisceau ($< 3\text{-}5$ cm de côté)



Modélisation et Planification

- Connaître les limitations de l'algorithme de calcul :
 - Configuration du modèle pour les petits champs : à partir de mesures en petits faisceaux ou extrapolation de tailles plus grandes ?
- Grille de calcul : 2 mm ou moins (Rapport AAPM TG 101) adaptée aux dimensions des volumes (cibles, OAR) sinon les incertitudes sont plus élevées dans les calculs
 - Plus sensible en RTS car faibles dimensions des volumes
- RTS extra-crânienne : Prise en compte des hétérogénéités
 - Cyberknife : 2 algorithmes de calculs : Ray-Tracing (simple) et MC
 - Autres TPS : préférer les modèles types convolution/superposition (Type B) et MC.

Réception-Mise en service-Contrôles de qualité.

- Contrôle de qualité des dispositifs de stéréotaxie :
 - Mise en place d'un programme de contrôle de qualité spécifique à ces techniques regroupant les contrôles réglementaires et recommandés :

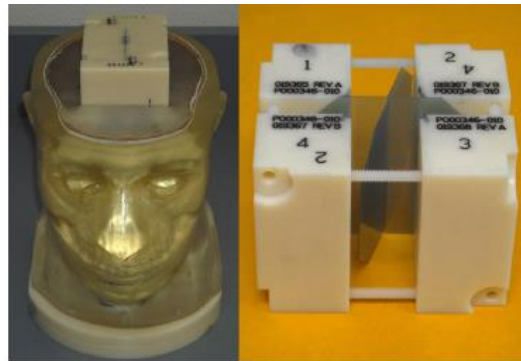
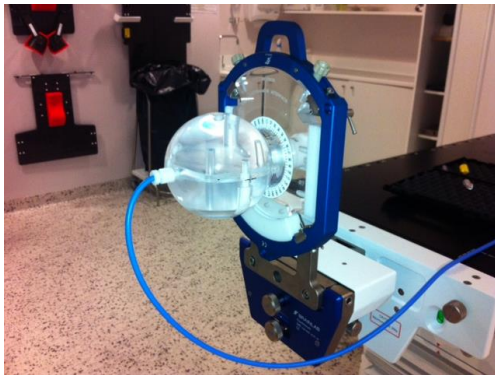
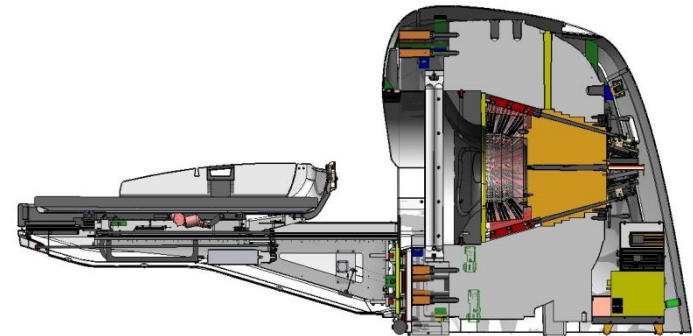


Fig. 2. Fantôme et Ball-cube avec insert pour les films.

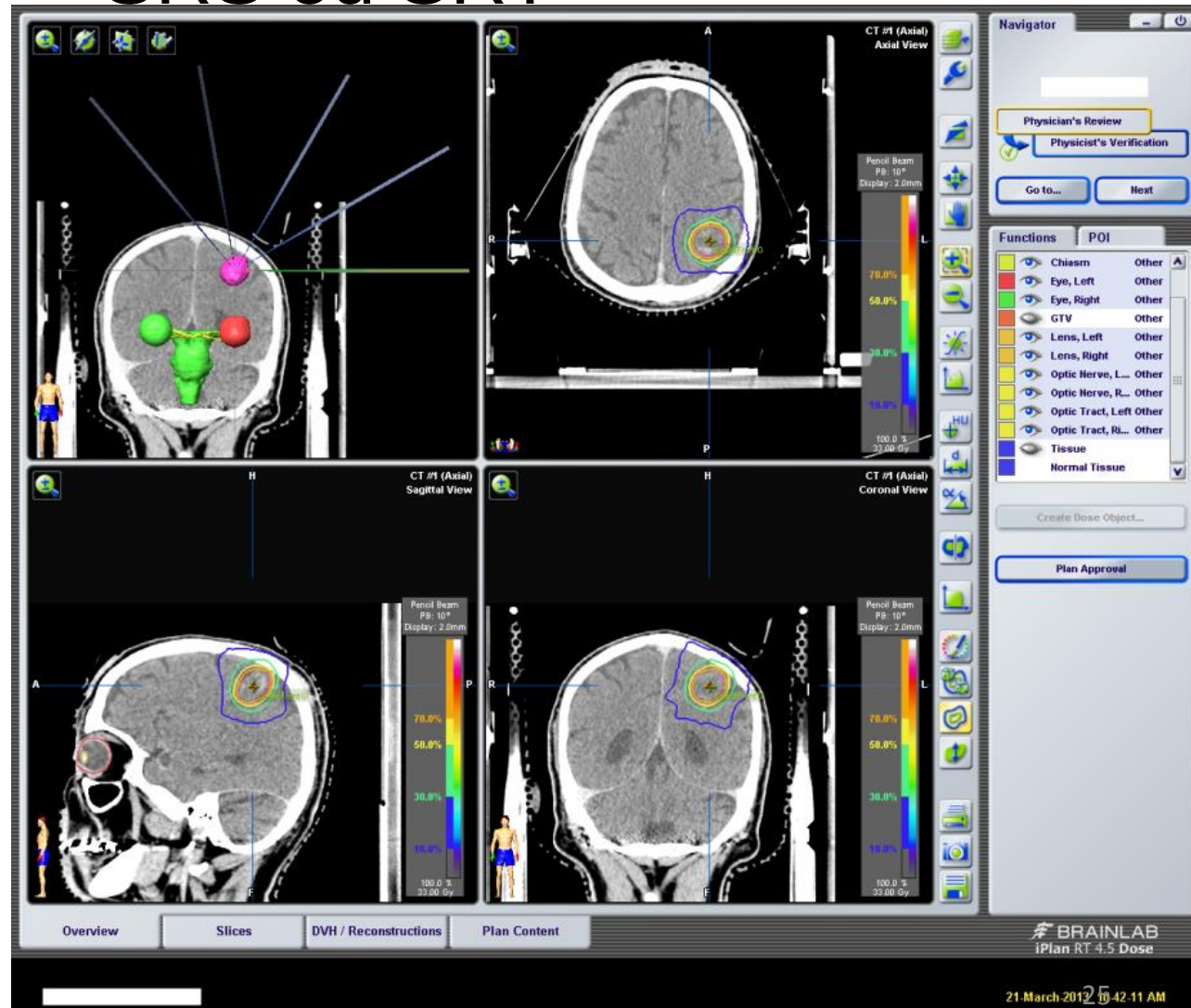


Solberg et al, *Prac Rad Onc*, 2012
AAPM TG 54, 68, 76, 101, 104, 135, 142,
Rapports SFPM N° 23, 26, 29

Exemple de planification SRS ou SRT

Novalis

- Tumeurs bénignes ou malignes, MAV
- 5 arcs dynamiques 6MV non coplanaires, rarement RCMI
- Isodose de prescription : 70% (SRT) à 80% (SRS) ; calcul PB
- Positionnement des lames : average, marge 0-1mm / PTV



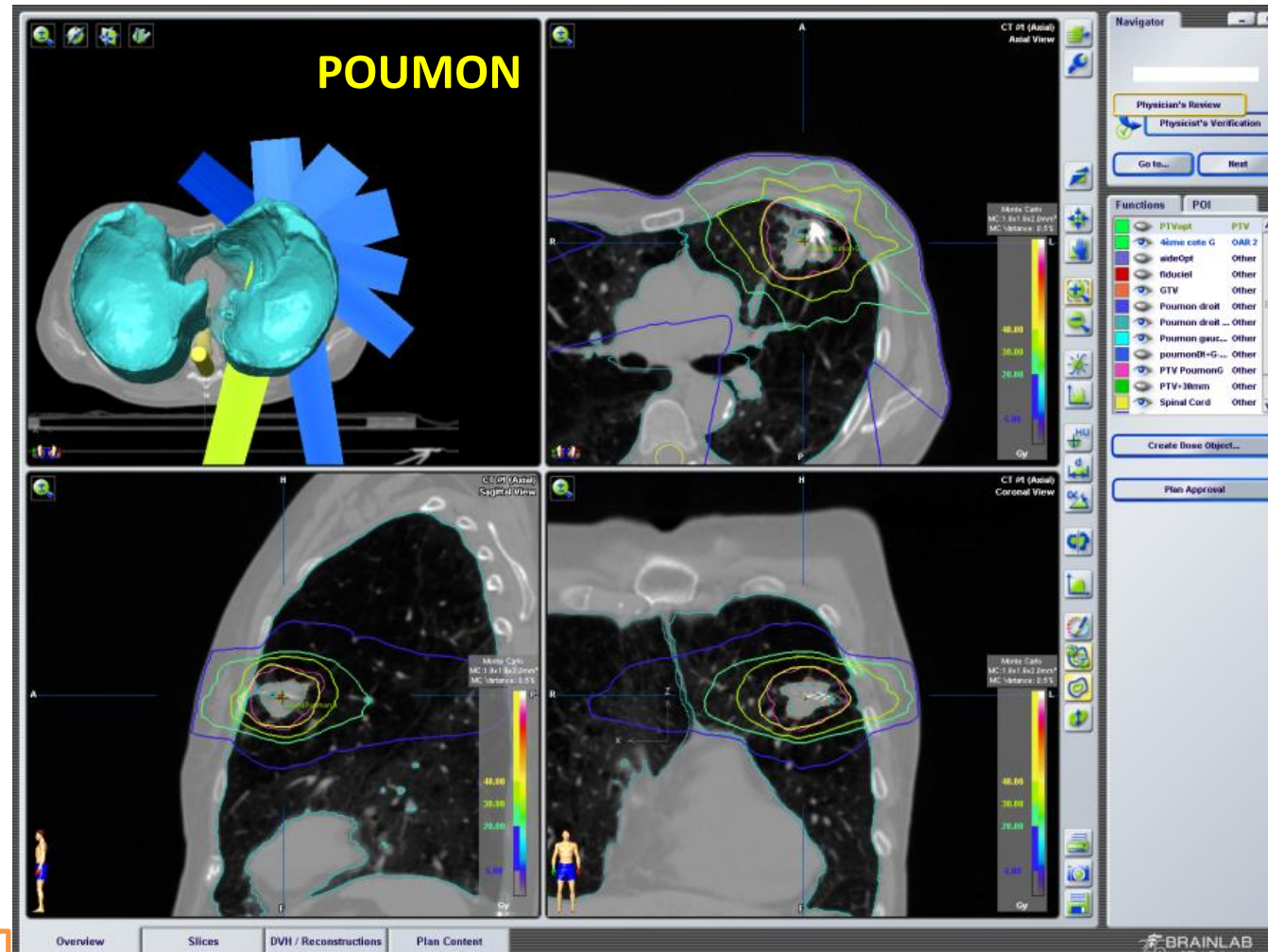
METASTASE CEREBRALE

Planification SBRT tumeurs mobiles

8 à 10 faisceaux 6MV
coplanaires non
opposés

Isodose de prescription
: 65 à 80% (poumon)

Positionnement des
lames : average, marge
0mm / PTV

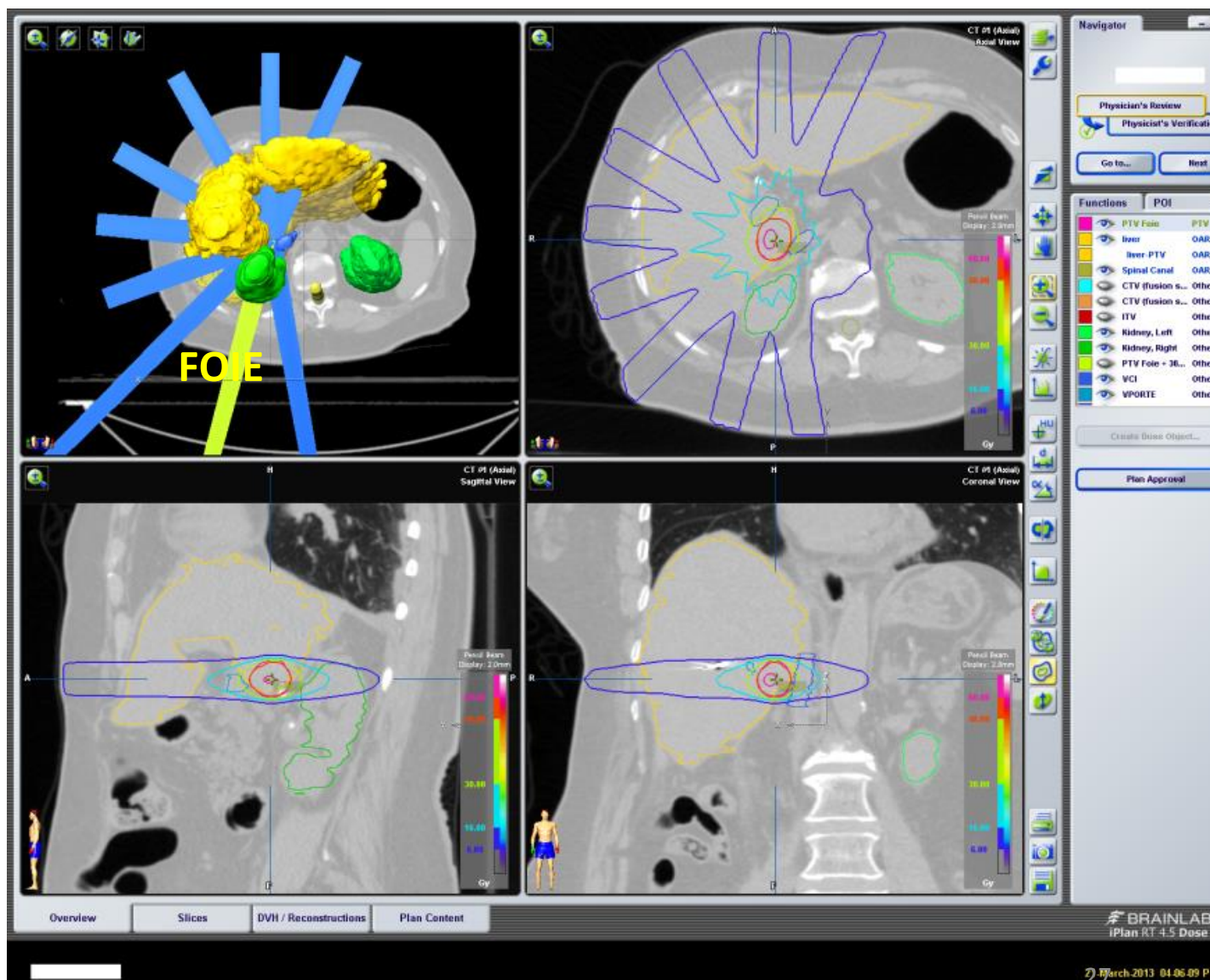


Calcul MC (RS 2mm ; V0,5% ; D_{eau})

Exemple de planification

Novalis

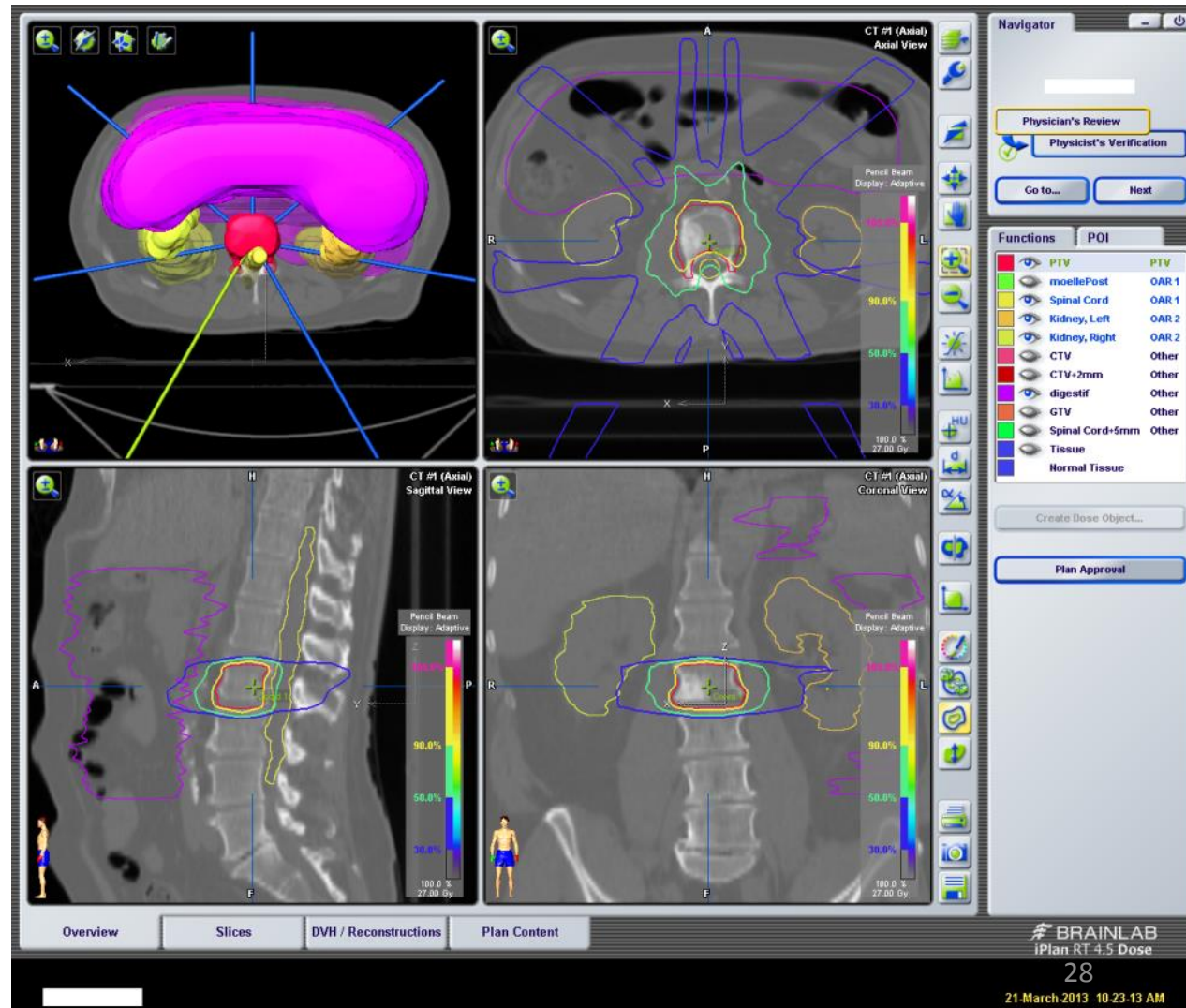
- 8 à 10 faisceaux 6MV coplanaires non opposés
 - arcs dynamiques si traitement en respiration libre (arcs non compatibles avec gating)
- Isodose de prescription : 80% (foie, calcul PB), 65 à 80% (poumon, calcul MC)
- Positionnement des lames : average, marge 0mm / PTV



Exemple de planification SBRT tumeurs vertébrales

Novalis

- 7 faisceaux modulés 6MV (non) coplanaires non opposés
- Prescription sur la dose médiane, calcul PB



Conclusion

- Les avancées techniques, informatiques et en imagerie médicale permettent (continueront de permettre) plus de possibilités de traitements en radiothérapie externe.
- La mise en œuvre nécessite une démarche multidisciplinaire rigoureuse.
- L'assurance de la qualité, la maîtrise des processus, la gestion des risques restent des éléments indispensables pour améliorer la qualité et la sécurité des soins.

Merci pour votre attention