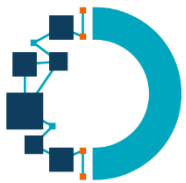


NOUVELLES TECHNOLOGIES ET INNOVATIONS

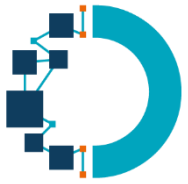
Catherine Sarrade, physicienne médicale, CHU Bordeaux



RADIOTHÉRAPIE - QUOI DE NEUF ?
POST-CONGRÈS 2019

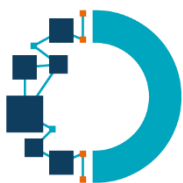


- Aucun conflit d'intérêt



Sommaire

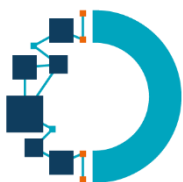
- Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : résultats d'une étude prospective monocentrique
P. Frey : cardiologue, Annecy
- Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019
S. Nardin : qualitiennne, Nice
O. Dupont : qualicien, Limoges
- Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?
M-C. Briston : Physicienne médicale, Lyon



Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ,
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département of radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France





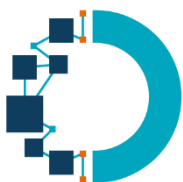
Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ,
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département de radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France



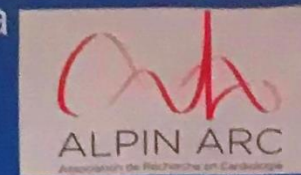
INTRODUCTION

- La radiothérapie (RT) est un traitement fréquent du cancer
- Un nombre croissant de patients soumis à la radiothérapie sont porteurs de prothèses cardiaques implantables (PCI)
- Les dysfonctions de PCI dues aux interactions avec les irradiations ionisantes sont fréquentes, non prédictives et potentiellement graves
- On définit les dysfonctions de PCI selon : (2)
 - Erreurs logiciel
 - Perturbation transitoire du signal ou surdétection
 - Reset complet (*Figure*)
 - Dysfonction complète et irréversible de l'appareil.
- Les irradiations de haute énergie (>15MV) produisent des neutrons secondaires et ont été associées à une plus forte prédiction de dysfonction (3)
- Une surveillance rapprochée de ces patients et de leur prothèse est recommandée



Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ;
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département de radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France

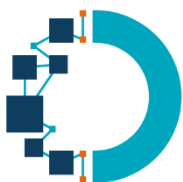


INTRODUCTION

- La radiothérapie (RT) est un traitement fréquent du cancer
- Un nombre croissant de patients soumis à la radiothérapie sont porteurs de prothèses cardiaques implantables (PCI)
- Les dysfonctions de PCI dues aux interactions avec les irradiations ionisantes sont fréquentes, non prédictives et potentiellement graves
- On définit les dysfonctions de PCI selon : (2)
 - Erreurs logiciel
 - Perturbation transitoire du signal ou surdétection
 - Reset complet (*Figure*)
 - Dysfonction complète et irréversible de l'appareil.
- Les irradiations de haute énergie (>15MV) produisent des neutrons secondaires et ont été associées à une plus forte prédiction de dysfonction (3)
- Une surveillance rapprochée de ces patients et de leur prothèse est recommandée

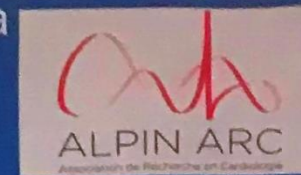
METHODES

- Etude prospective monocentrique de surveillance et suivi de patients porteurs de PCI et soumis à la radiothérapie
- Inclusion de tous les patients porteurs de PCI soumis à au moins une session de radiothérapie dans notre institution
- Protocole de surveillance :
 - Consultation médicale avec contrôle des paramètres de la prothèse, des sondes et des mémoires.
 - Avant la première irradiation, après chaque session et 1 mois après la dernière session
- Les données concernant le patient, la prothèse et la radiothérapie ont été collectées
- Le critère primaire était l'apparition d'une dysfonction de PIC pendant ou après radiothérapie



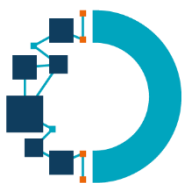
Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ;
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département de radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France



RESULTATS

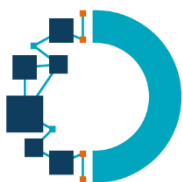
- De Janvier 2013 à Décembre 2018
- 74 PIC pour 65 patients ont été inclus (*Tableau 1*)
- Critère primaire = dysfonction chez 12 PIC (16%)
 - 5 Perturbation transitoire du signal provoquant une surdétection
 - 1 dysfonction complète irréversible -> remplacement de matériel
 - 1 TVNS (défibrillateur), sans thérapie inappropriée
 - 3 reset en mode VVI -> succès de reprogrammation
 - 2 perte de données dans les mémoires ; 1 perte transitoire de télémétrie
- >90% ont reçu irradiation haute énergie, 1 dysfonction PIC après faible énergie
- 75% des PIC avec dysfonction avaient absorbé une dose de 0Gy
- Pas de symptôme ni intolérance
- Facteurs associés significativement avec aux dysfonctions :
 - Analyse univariée :
 - Irradiation haute énergie (p=0,004)
 - Dose cumulée sur la tumeur (p=0,014)
 - Irradiation infra diaphragmatique (p=0,047)
 - Analyse multivariée (*Tableau 2*) :
 - Irradiation haute énergie (p=0,028)
 - Défibrillateur vs PM (p=0,029)



Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

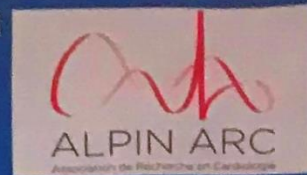
FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ,
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département of radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France





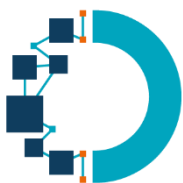
Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ;
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département of radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France



CONCLUSIONS

- Les dysfonctions de PIC dues à la radiothérapie concernent 12 patients (16%), jusqu'à 28% si irradiation de haute énergie, et 2% si faisceau de faible énergie
- Pas d'évènement clinique significatif, mais dysfonctions potentiellement sérieuses
- Irradiation de haute énergie et les défibrillateurs associés significativement aux dysfonctions
- Eviter les faisceaux de haute énergie et le contrôle des prothèses après les séances de radiothérapie pourrait réduire le risque de dysfonction de PIC



Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

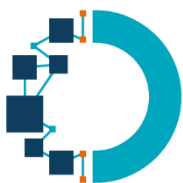
FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ;
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département de radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France



CONCLUSIONS

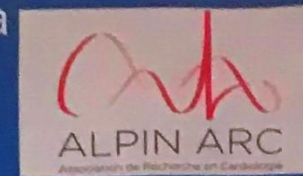
- Les dysfonctions de PIC dues à la radiothérapie concernent 12 patients (16%), jusqu'à 28% si irradiation de haute énergie, et 2% si faisceau de faible énergie
- Pas d'évènement clinique significatif, mais dysfonctions potentiellement sérieuses
- Irradiation de haute énergie et les défibrillateurs associés significativement aux dysfonctions
- Eviter les faisceaux de haute énergie et le contrôle des prothèses après les séances de radiothérapie pourrait réduire le risque de dysfonction de PIC

- Ils souhaitent faire une enquête nationale pour savoir quelles sont les pratiques dans les différents centres de radiothérapie



Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : étude prospective monocentrique

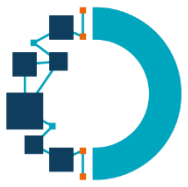
FREY Pierre ⁽¹⁾ ; DOMPNIER Antoine ⁽¹⁾ ; IRLES Didier ⁽¹⁾ ; AKRET Chrystelle ⁽¹⁾ ; HOSU Iolanda Carmen ⁽²⁾ ;
⁽¹⁾ Département de cardiologie, ⁽²⁾ Département of radiothérapie, Centre Hospitalier Annecy Genevois 74370 PRINGY, France



CONCLUSIONS

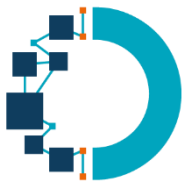
- Les dysfonctions de PIC dues à la radiothérapie concernent 12 patients (16%), jusqu'à 28% si irradiation de haute énergie, et 2% si faisceau de faible énergie
- Pas d'évènement clinique significatif, mais dysfonctions potentiellement sérieuses
- Irradiation de haute énergie et les défibrillateurs associés significativement aux dysfonctions
- Eviter les faisceaux de haute énergie et le contrôle des prothèses après les séances de radiothérapie pourrait réduire le risque de dysfonction de PIC

- Ils souhaitent faire une enquête nationale pour savoir quelles sont les pratiques dans les différents centres de radiothérapie
- Lien : <https://fr.surveymonkey.com/r/85BZ622>



Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019





Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019

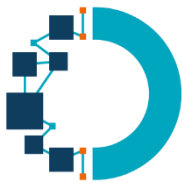


1. Introduction

Accidents d'Epinal et Toulouse

- Besoin : améliorer la sécurité dans les centres de radiothérapie
- Comités de Retour d'Expérience, obligatoires depuis 2009

10 ans après, quel est le bilan ?



Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019



1. Introduction

Accidents d'Epinal et Toulouse

- Besoin : améliorer la sécurité dans les centres de radiothérapie
- Comités de Retour d'Expérience, obligatoires depuis 2009

10 ans après, quel est le bilan ?

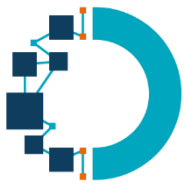


2. Méthodologie

La diffusion a concerné **168 centres de radiothérapie**, l'enquête était accessible **entre le 4 mars et le 1^{er} mai 2019**.

100 réponses, soit 59,5 % des centres contactés.

Merci à tous les établissements qui ont participé !



Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019



1. Introduction

Accidents d'Epinal et Toulouse

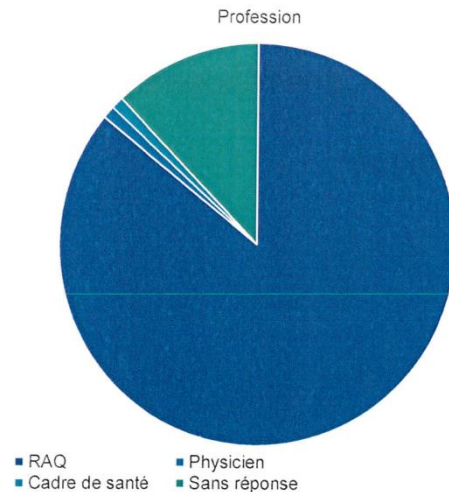
→ Besoin : améliorer la sécurité dans les centres de radiothérapie

→ Comités de Retour d'Exp

10 ans après, quel es



3. Résultats : les répondants

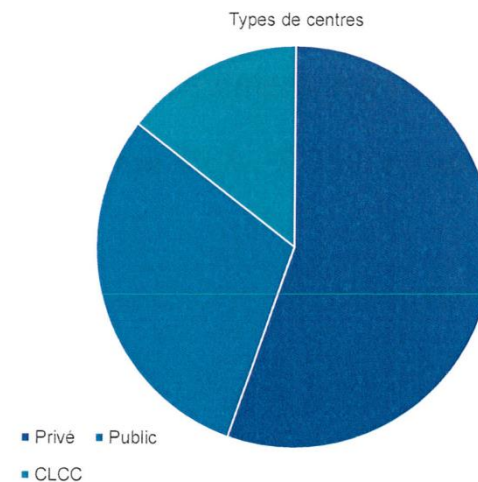


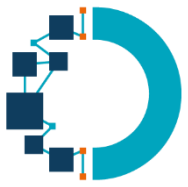
2. Méthodologie

La diffusion a concerné **168 centres de radiothérapie**, l'enquête était accessible entre le 4 mars et le 1^{er} mai 2019.

5 % des centres contactés.

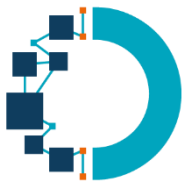
établissements qui ont participé !





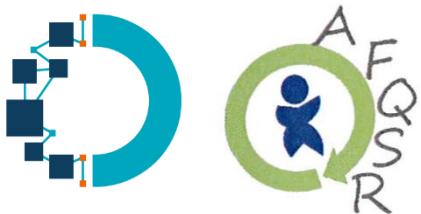
Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019





Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019





Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019



Résultats : Fonctionnement des CREX

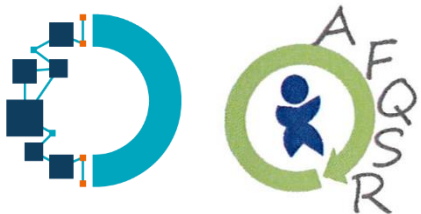
- **Fréquence des CREX**

- Mensuelle, chez 54%, des répondants
- Trimestrielle pour 15 % des répondants

- **Composition des CREX**

- radiothérapeutes, physiciens, manipulateurs plus de 90 % des réponses
- RAQ 86 % des réponses

- Rotation des membres : en place chez 70% des répondants
- Diffusion du CR : 83% par voie électronique



Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019



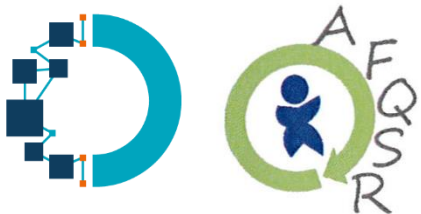
Résultats : Fonctionnement des CREX

- **Fréquence des CREX**
 - Mensuelle, chez 54%, des répondants
 - Trimestrielle pour 15 % des répondants
- **Composition des CREX**
 - radiothérapeutes, physiciens, manipulateurs plus de 90 % des réponses
 - RAQ 86 % des réponses
- Rotation des membres : en place chez 70% des répondants
- Diffusion du CR : 83% par voie électronique



6. Conclusion

- **Ressenti largement positif à l'égard du CREX**
95 % des répondants considèrent que la démarche apporte des améliorations dans leur organisation
- **Le temps : le facteur clé**
69 % des réponses
- **Pas de remise en question des méthodes d'analyse systémique des événements**
63% utilisent principalement la méthode Orion®
- **Implication de la direction apparaît comme tout à fait primordiale**
30% des réponses
- **Nécessité de former les gens correctement** et garantir un bon niveau de communication : points fondamentaux cités dans 15% des réponses



Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019



Résultats : Fonctionnement des CREX

- **Fréquence des CREX**
 - Mensuelle, chez 54%, des répondants
 - Trimestrielle pour 15 % des répondants
- **Composition des CREX**
 - radiothérapeutes, physiciens, manipulateurs plus de 90 % des réponses
 - RAQ 86 % des réponses

- Rotation des membres : en place chez 83%
- Diffusion du CR : 83% par voie électronique



7. Enjeux et Perspectives

- Dégager du temps
- Mise en place et suivi des actions
Thème central de la journée annuelle 2019 de l'AFQSR
- Une décennie après son introduction, placer la démarche CREX dans le « check » de la roue de Deming
Evaluer les actions mises en place



6. Conclusion

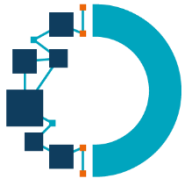
- **Ressenti largement positif à l'égard du CREX**
95 % des répondants considèrent que la démarche apporte des améliorations dans leur organisation
- **Le temps : le facteur clé**
69 % des réponses
- **Pas de remise en question des méthodes d'analyse systémique des événements**
63% utilisent principalement la méthode Orion®
- **Implication de la direction apparaît comme tout à fait primordiale**

et garantir un bon niveau de sécurité
cités dans 15% des réponses



Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?



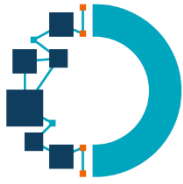


CENTRE
DE LUTTE
CONTRE LE CANCER
**LEON
BERARD**

Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?

ICRU REPORT 91

**Prescribing, Recording, and Reporting
of Stereotactic Treatments with Small
Photon Beams**



CENTRE
DE LUTTE
CONTRE LE CANCER
**LEON
BERARD**

Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?

ICRU REPORT 91

Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams

Objectif

*Vérifier l'éligibilité des accélérateurs disponibles
commerciallement à la prise en charge des traitements de
radiothérapie stéréotaxique en condition extra-crânienne
(SBRT)*

- *Poumon*
- *Foie*
- *Surrénale*
- *Os (ex: tumeurs paraspinales)*
- *...*

Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?

ICRU REPORT 91

Prescribing, Recording, and Reporting of Stereotactic Treatments with Small Photon Beams

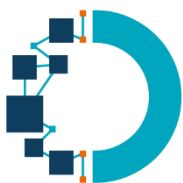
Recommandations de l'ICRU91

- ❑ Faisceaux de photons de haute intensité (sans filtre égalisateur)
- ❑ Système de guidage par l'image intégré
- ❑ MLC intégré avec une dimension de lames réduite, ou collimateurs additionnels de type cônes
- ❑ Amélioration de la précision de l'isocentre mécanique
- ❑ Plateau de table robotique « 6D »
- ❑ Systèmes de gestion des mouvements intégrés

Objectif

Vérifier l'éligibilité des accélérateurs disponibles commercialement à la prise en charge des traitements de radiothérapie stéréotaxique en condition extra-crânienne (SBRT)

- Poumon
- Foie
- Surrénale
- Os (ex: tumeurs paraspinales)
- ...

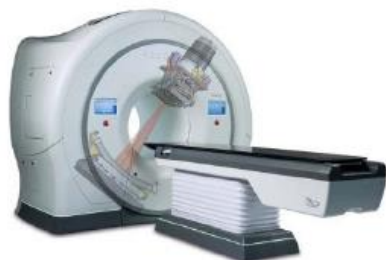


❑ « Technologies dédiées »

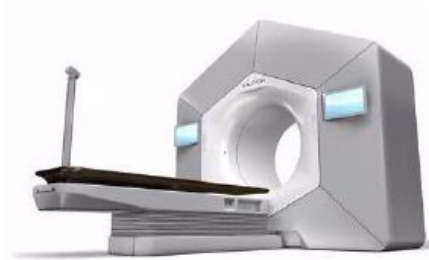


CyberKnife® (Accuray)

❑ Technologies « tunnel »



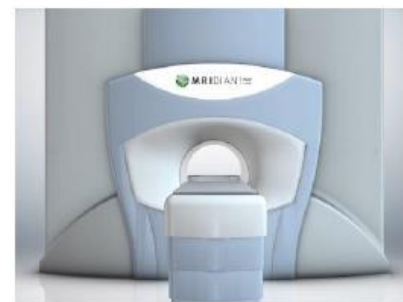
TomoTherapy Hi-Art® (Accuray)
Radixact™



Halcyon® (Varian)



Unity® (Elekta)



MRIdian™ (ViewRay)

❑ Technologies Linacs



Versa HD® (Elekta)



Axesse® (Elekta)



TrueBeam® (Varian)

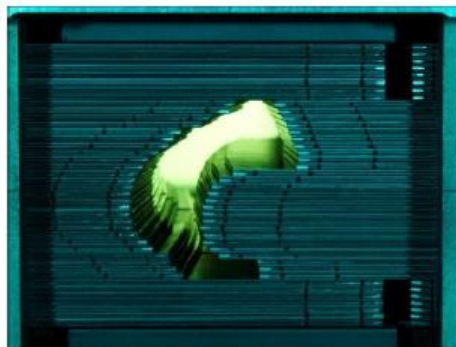


Edge® (Varian)



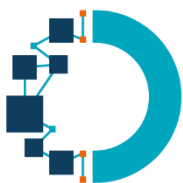
Novalis TX® (Varian,
Brainlab)

Technologie dédiée



	Cyberknife
Energie	X6 FFF
Débit de dose	1000 UM/min
Collimation	Collimateurs circulaires IRIS MLC
MLC Epaisseur lames Transmission - Fuite Interdigitation Précision	26 paires 3.85mm (11.5*10 cm) < 0.5% Oui < 0.95 mm
Balistique	Multifaisceaux
Imagerie	CyberKnife 2D-kV Tracking
Table	Robocouch 6D (5° rotations)
Précision globale	<0.95 mm





CENTRE
DE LUTTE
CONTRE LE CANCER **LEON
BERARD**

Cyberknife

❑ Le CyberKnife répond aux contraintes de l'ICRU 91

❑ Points forts

- ❑ Gestion des mouvements = tracking
- ❑ Précision globale du système
- ❑ Balistique

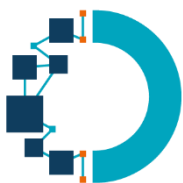


❑ Points d'amélioration

❑ Imagerie de positionnement

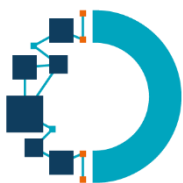


- ❑ « Monitoring » tissus mous possible essentiellement via implantation de fiduciaires
- ❑ Pas d'imagerie 3D-CBCT
- ❑ Temps de séance (amélioré avec MLC)



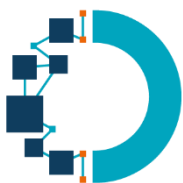
Technologies Linacs

	Axesse	VersaHD	TruebeamSTX - Edge	Novalis STX
Energie	X6	X6-X10 X6 FFF-X10 FFF	X6-X10 X6 FFF-X10 FFF	X6
Débit de dose	≤ 600 UM/min	FF ≤ 600 UM/min FFF ≤ 2400 UM/min	FF ≤ 600 UM/min FFF ≤ 2400 UM/min	≤ 600 UM/min
Collimation	Beam Modulator	Agility™	HD 120 MLC	HD120/Millennium 120
Epaisseur lames	40 paires 4 mm	80 paires 5 mm	32 paires 2.5mm 28 paires 5mm	40 paires 5mm 20 paires 10 mm
Trans (lames+Mach)	-	< 0.07%	< 0.5%	< 0.5%
Interdigitation Précision	Oui < 1 mm	Oui <1 mm	Oui <1 mm	Oui < 1 mm
Balistique	VMAT non coplanaire	VMAT non coplanaire	VMAT non coplanaire	VMAT non coplanaire
Imagerie	2D-3D kV (CBCT) 2D-MV	2D kV (ExacTrac) 2D-3D kV (CBCT) 2D-MV	2D kV (ExacTrac) 2D-3D kV (CBCT) 2D-MV	2D kV (ExacTrac) 2D-3D kV (CBCT) 2D-MV
Tracking	Non	Non	Non	Non
Table	Hexapod 6D	Hexapod 6D	Perfect Pitch 6D	Perfect Pitch 6D
Précision globale	<1 mm	<1 mm	<1 mm	<1 mm



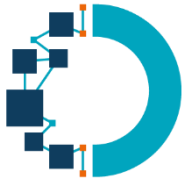
Technologies tunnel

	TomoTherapy HD	Radixact	Halcyon	Unity	MRIdian
Energie	X6 FFF	X6 FFF	X6 FFF	X7 FFF	X6 FFF
Débit de dose	840 UM/min	1000 UM/min	800 UM/min	500 cGy/min	600 cGy/min
Collimation			MLC 2 couches	Agility™ 	MLC 2 couches
Epaisseur lames Trans (lames+Mach)	6.25mm < 0.5% 	6.25mm < 0.5%	28 paires 10 mm Proj iso 5mm	80 paires 7mm < 0.07% 	60 lames 4mm <0.35%
Interdigitation Précision	- < 1 mm	- < 1 mm	Oui < 1mm	Oui <1 mm	Oui <1mm
Balistique	Hélicoïdal Coplanaire 	Hélicoïdal Coplanaire	VMAT Coplanaire 	IMRT Coplanaire 	IMRT Coplanaire
Imagerie	MVCT 	MVCT 1D-kV Camera optique (Oui) 	MV-MV ortho MV-CBCT V2 = kV-CBCT Non 	1.5T IRM 2D-MV Non-Monitoring 	0.35 T IRM Non - Monitoring
Tracking	Non				
Table 6D	Non (roll) 	Non (roll)	Non 	Non 	Non
Précision globale	<1 mm	< 1 mm	< 1 mm	< 1 mm	< 1 mm



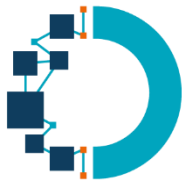
Conclusion

- ❑ La plupart des technologies récentes répondent aux critères de l'ICRU91 pour les traitements SBRT
- ❑ Spécificité des technologies « tunnels » = champs coplanaires uniquement
 - ❑ Peu problématique dans le cadre de la SBRT vs stéréotaxie intracrânienne
- ❑ Des améliorations importantes prévues à court terme sur l'ensemble des technologies pour compenser les faiblesses des « versions actuelles »
 - ❑ Equipements d'imagerie
 - ❑ Capacité à prendre en charge les mouvements intrafraction
- ❑ La technologie est seulement une partie de la chaîne de traitement...
 - ❑ Programme d'assurance qualité
 - ❑ Un TPS performant avec un algorithme de calcul adapté
 - ❑ Une méthodologie de prescription et rapport de dose cohérente et « universelle »



A retenir

- Dysfonction de prothèses cardiaques implantables soumises à la radiothérapie : résultats d'une étude prospective monocentrique
 - Que des traitements en X6 pour les patients porteurs de PCI, $\forall$ la localisation, $\forall$ la dose délivrée
 - Merci de participer à l'enquête nationale : <https://fr.surveymonkey.com/r/85BZ622>
- Comités de Retour d'Expérience (CREX) dans les centres de radiothérapie français en 2019
 - Merci d'avoir participé à l'enquête nationale
 - Dégagez-vous du temps pour mettre en place, suivre et évaluer les actions correctives
- Tous les accélérateurs répondent-ils à l'ICRU 91 ?
 - Des améliorations importantes prévues à court terme sur l'ensemble des technologies pour compenser les faiblesses des « versions actuelles »
 - La technologie est seulement une partie de la chaîne de traitement



Merci pour votre attention

