



# Nouvelles technologies et innovations : Radiothérapie Adaptative

30/11/2021

---

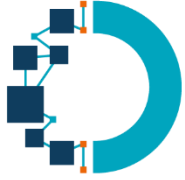
**Bordeaux**

---

**Mr Florent COURRECH**

**RADIOTHÉRAPIE - QUOI DE NEUF ?**

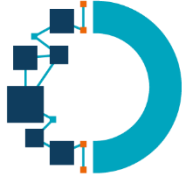
**ACTUALITÉS DES CONGRÈS SFRO ET ASTRO 2021**



# SOMMAIRE

## Nouvelles technologies et innovations : Radiothérapie Adaptative

- Introduction
  - Radiothérapie adaptative (ART) en différé
  - Radiothérapie adaptative (ART) hybride
  - Les besoins de la radiothérapie adaptative (ART) en direct
- Innovations constructeurs
  - IRM Linac (ViewRay, Elekta)
  - Ethos (Varian)

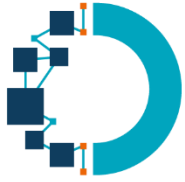


# INTRODUCTION

- On parle de **radiothérapie adaptative** dès que plusieurs plans de traitements sont utilisés pour traiter un patient en cours de radiothérapie.

Cette adaptation peut avoir lieu en temps réel au moment de la séance de radiothérapie ou être en différée.

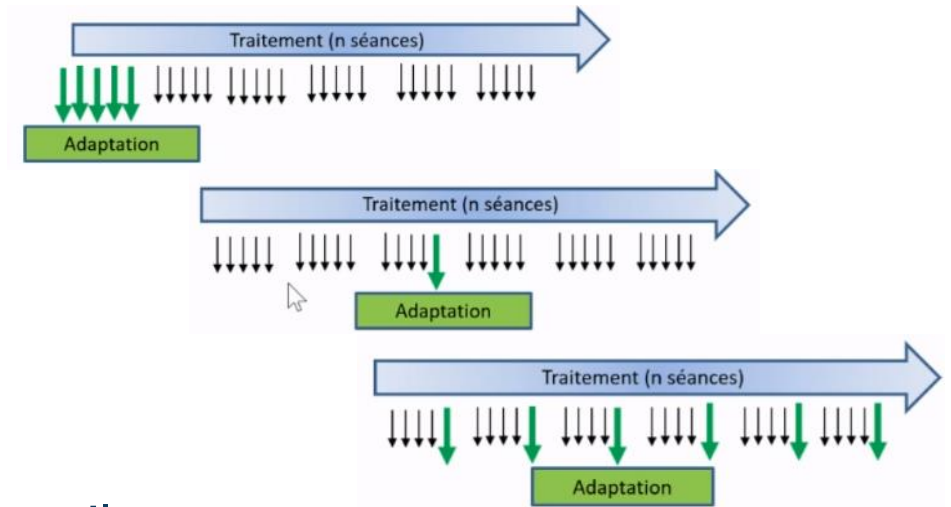
- Dernière décennie : l'IGRT (Radiothérapie guidée par l'image)
  - Un déplacement de la cible tumorale peut se corriger par déplacement de table, les variations de volumes impliquent une « adaptation » de la radiothérapie

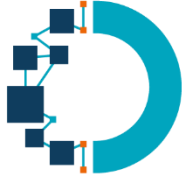


# INTRODUCTION

## La radiothérapie adaptative en différé

- But : Anticiper les modifications attendues
- Quand ?
  - 1- sur les premières séances
  - 2- à un instant donné dans le traitement
  - 3- à intervalle régulier pendant le traitement
- Nécessite la définition d'indicateurs ou de valeurs seuil pour une prise de décision
  - Critères dosimétriques (re-calcul sur modalité d'IGRT)
  - Variations anatomiques





# INTRODUCTION

## La radiothérapie adaptative hybride (bibliothèques de plans de traitement)

- But : Anticiper les modifications attendues

- Pour qui ?

- Radiothérapie du col utérin

*Bénéfice de la radiothérapie adaptative par bibliothèque de plans de traitement pour les cancers du col utérin?, M. Gobeli, 2015*

- Radiothérapie de la vessie

- A partir de plusieurs scanners
    - Par ajout de marges sur le CTV

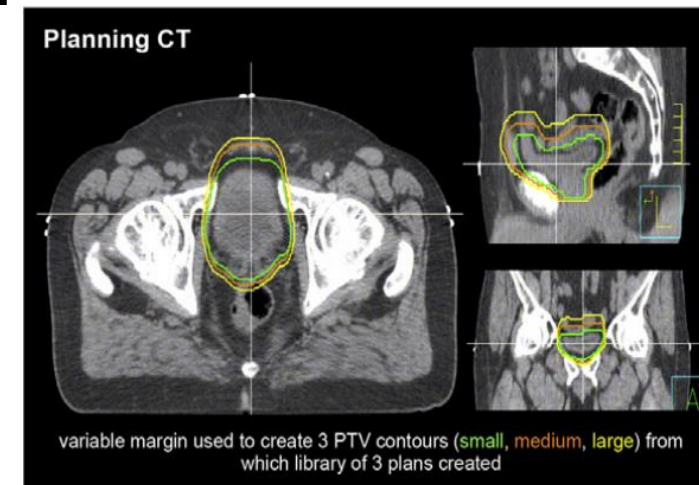
*Plan of the day' adaptive radiotherapy for bladder cancer using helical tomotherapy, V. Murthy, 2011*

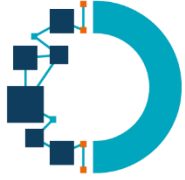
- A partir des volumes obtenus sur les CBCT de la 1ère semaine

*Patient- specific PTV margins in radiotherapy for bladder cancer.*

*A feasibility study using cone beam CT, S. Tolan, 2011*

- ...

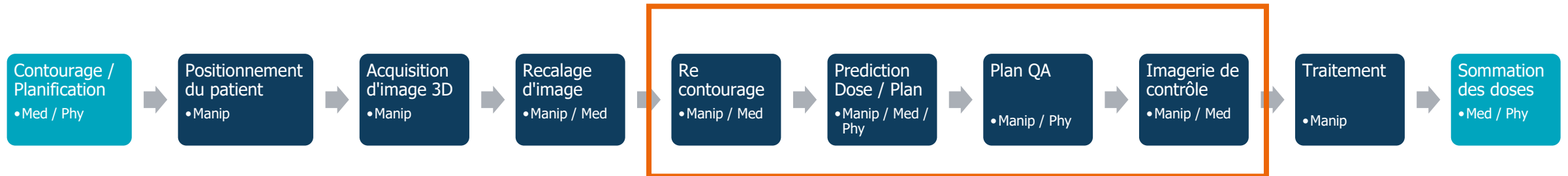




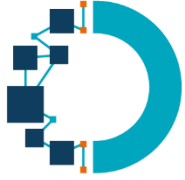
# INTRODUCTION

## La radiothérapie adaptative en direct

- But : Ré-optimiser chaque fraction de traitement
- Comment ?



- Processus chargé en temps et en ressources
- Machines avec un workflow dédié :
  - IRM Linac (ViewRay ou Elekta)
  - ETHOS (Varian)



# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac

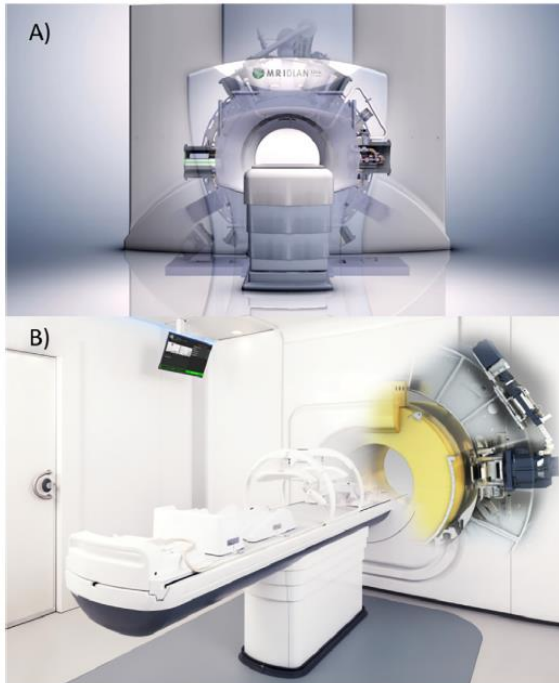


Fig. 1. Hybrid systems combining magnetic resonance imaging with radiation therapy. (A) MRIdian system with a 0.35 T MR-linac (ViewRay Inc., USA). (B) Unity system with a 1.5 T MR-linac (Elekta AB, Sweden).

*ESTRO-ACROP recommendations on the clinical implementation of hybrid MR-linac systems in radiation oncology, S. Corradini, 2021*

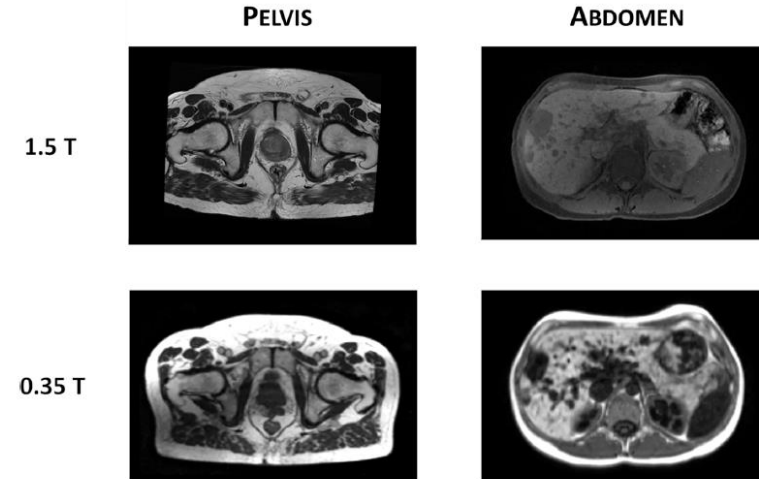
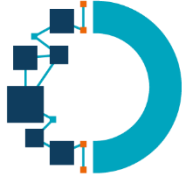


Fig. 1. Example of MR images acquired using hybrid machines for a pelvic case (left) and an abdominal case (right): in the upper part two examples of MR images acquired using 1.5 T on-board MR scanner (T2-weighted MRI for pelvis and T1-weighted with fat suppression for the abdomen). In the lower part, two MR images acquired using a 0.35 T MR scanner (TRUFI acquisition for pelvic case and T1 weighted with navigator for the abdominal case).

*Artificial Intelligence in magnetic Resonance guided Radiotherapy: Medical and physical considerations on state of art and future perspectives, D. Cusumano, 2021*



# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac

- ViewRay MRIdian Linac
  - Aimant de 0.35 Tesla
  - Cobalt en 2014 puis Linac en 2017
  - 6MV FFF
  - Double MLC lames de 8.3mm, MLC décalé
  - Champs Max 27.4cm x 24.1 cm, champs min 0.2cm x 0.4cm
  - **IRM ciné dans le plan sagittal pour une utilisation en gating**
  - RC3D ou IMRT Step and Shoot
- Unity Elekta :
  - Aimant de 1.5 Tesla
  - 7MV FFF
  - MLC 160 lames de 7.1mm
  - Champs de 57cm x 22cm
  - **IRM ciné dans 3 plans mise en pause du faisceau manuellement**
  - IMRT Step and Shoot

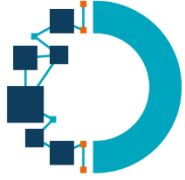
*Technical design and concept of a 0.35 T MR-Linac, S. Kluter, 2019*

*Adaptive radiotherapy : The Elekta Unity MR-linac concept, D. Winkel et al., 2019*

<https://webinars.elekta.com/watch/HtFu7u8PaR7LWLa6Ku84BP>

*Symposium ESTRO 2021*

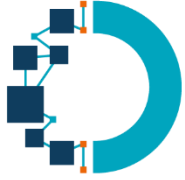




# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac

- ViewRay MRIdian Linac // Unity Elekta
  - Différentes étapes du traitement :
    - **Avant la séance :**
      - Acquisition sous la machine de l'IRM puis du CT
      - Contourage sans distinction entre IRM ou CT (nécessaire pour le calcul)
      - Dosimétrie Step and Shoot

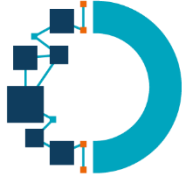


# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac

- ViewRay MRIdian Linac // Unity Elekta
  - Différentes étapes du traitement :
    - Avant la séance
    - **Pendant la séance :**
      - Recalage de l'IRM du jour avec l'IRM de planification
        - Propagation des structures par recalage rigide ou déformable
        - Validation des contours par le médecin sur une zone de 3 cm autour du PTV (fort gradient)
      - 2 Workflows de planification pour **Unity Elekta**
        - Adapt to position

*Adaptive radiotherapy : The Elekta Unity MR-Linac concept, D. Winkel, 2019*

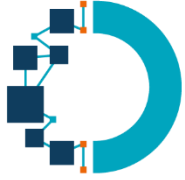


# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac

- ViewRay MRIdian Linac // Unity Elekta
  - Différentes étapes du traitement :
    - Avant la séance
    - **Pendant la séance :**
      - Recalage de l'IRM du jour avec l'IRM de planification
        - Propagation des structures par recalage rigide ou déformable
        - Validation des contours par le médecin sur une zone de 3 cm autour du PTV (fort gradient)
      - 2 Workflows de planification pour **Unity Elekta**
        - Adapt to position
        - Adapt to shape

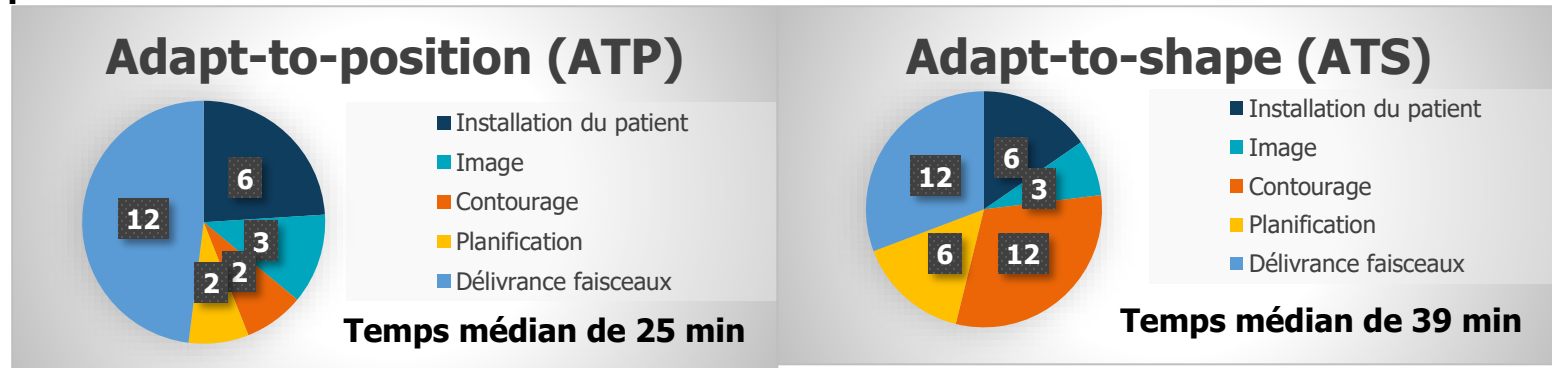
*Adaptive radiotherapy : The Elekta Unity MR-Linac concept, D. Winkel, 2019*



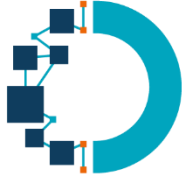
# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac: Unity Elekta

- *First clinical experiences with a high field 1.5 T MR linac, A.S. Bertelsen et al, 2019*
  - Matériel – Méthode :
    - 19 patients dans cette étude au cours des 5 premiers mois
    - 176 fractions dont 49 fractions avec « Adapt-to-shape »
  - Résultat:
    - Temps de séances :



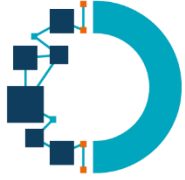
*Initial feasibility and clinical implementation of daily MR-guided adaptive head and neck cancer radiation therapy on a 1.5T MR-linac system: Prospective R-IDEAL 2a/2b systematic clinical evaluation of technical innovation, B.A. McDonald et al, 2021*



# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## IRM Linac: MRIdian

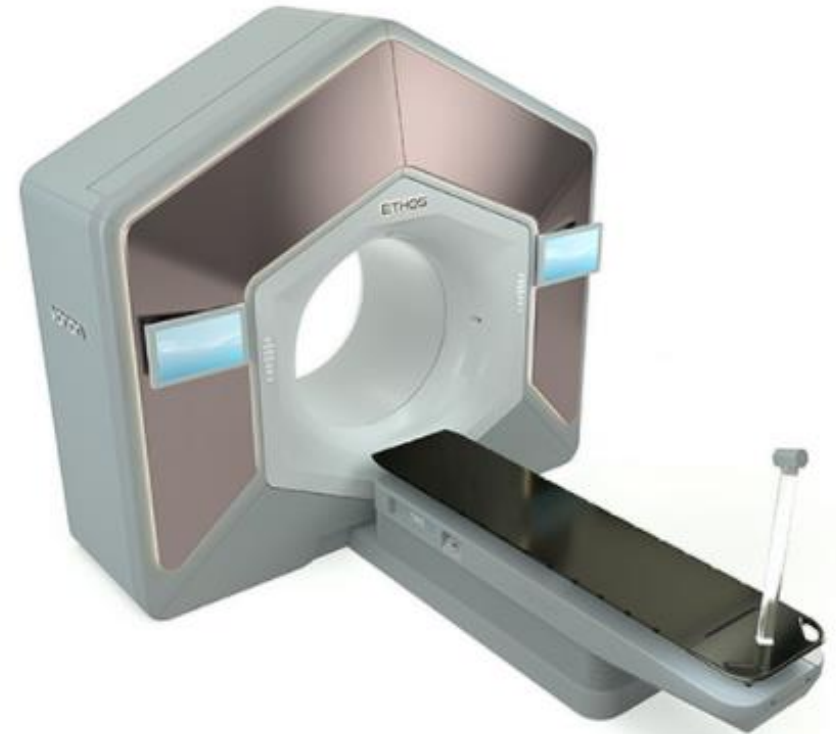
- *Clinical implementation of magnetic resonance imaging guided adaptive radiotherapy for localized prostate cancer, S.U. Tetar et al., 2019*
  - 140 patients entre mai 2016 et juin 2018
  - 5x7.25Gy avec épargne de l'urètre à 6.5Gy par fraction (PTV=CTV+3mm)
  - IMRT 15 faisceaux
  - Lors de la séance :
    - Reprise du CTV par le médecin sur IRM du jour après recalage rigide
    - Reprise des OAR sur 2 cm autour du PTV après recalage rigide
    - Calcul du plan de référence sur IRM du jour et d'un plan ré-optimisé
    - Arrêt faisceau si 7% du CTV est hors PTV
  - Résultats:
    - Dans 97% choix du plan ré-optimisé
    - Arrêt temporaire dans 20% des fractions, recalage 2D
    - Durée moyenne des séances 45 minutes (40 à 70 minutes)

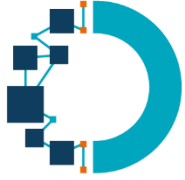


# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## ETHOS

- ETHOS  $\equiv$  Halcyon
  - iCBCT (acquisition en 15s)
  - Double MLC, lames 1cm
  - Débit 800UM/min, 6MV, Flattening Filter Free (FFF)
  - Champs 28x28cm
- Choix entre de l'IGRT ou de l'Adaptative (ART)
- De l'IA à tous les niveaux
- Non intégré dans les outils Aria





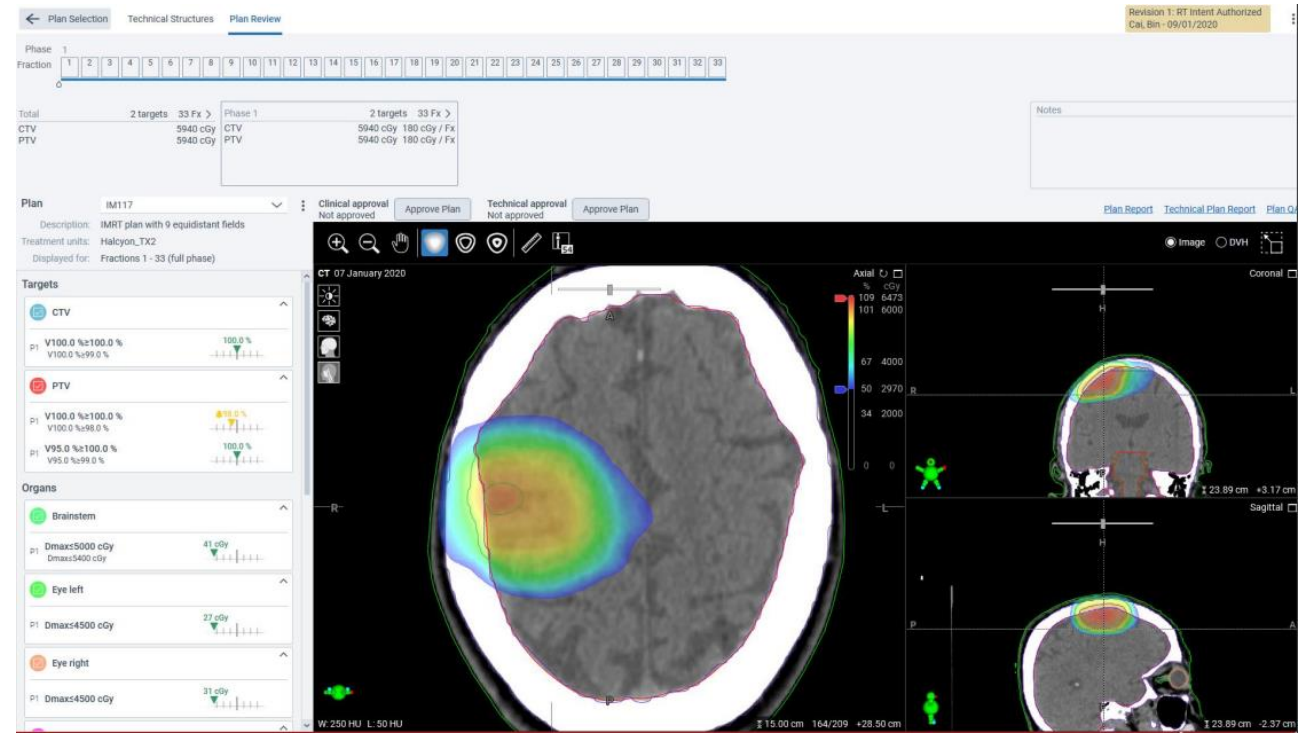
# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

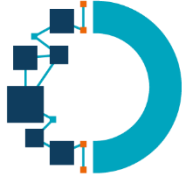
**ETHOS**

- Différentes étapes :
  - **Le plan initial** avec l'IOE (Intelligent Optimization Engine)
  - Réalisation de plusieurs plans IMRT et RA

<https://sfpm2021.medicalcongress.online/media/604>

Symposium SFPM, S. Bernard





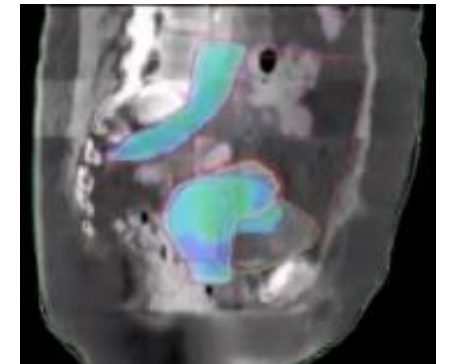
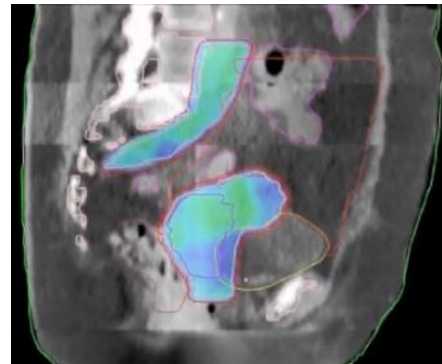
# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## ETHOS

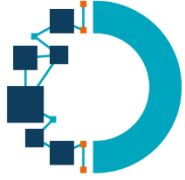
- Différentes étapes :
  - Le plan initial avec l'IOE (Intelligent Optimization Engine)
  - **L'adaptation sur le patient**
    - Acquisition CBCT
    - Contourage automatique (IA = réseau neuronal de convolution)

*Making on-line adaptive radiotherapy possible using artificial intelligence and machine learning for efficient daily re-planning, Y. Archambault, 2020*

- Validation médicale
    - Proposition de 2 plans de traitement :
      - Le plan initial recalculé dans l'image du jour (pseudoCT)
      - Le plan recalculé



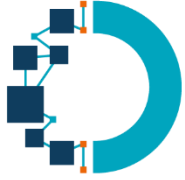




# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## ETHOS

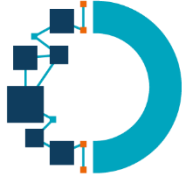
- Différentes étapes :
  - Le plan initial avec l'IOE (Intelligent Optimization Engine)
  - **L'adaptation sur le patient**
    - Acquisition iCBCT
    - Contourage automatique (IA (CNN = réseau neuronal de convolution))
      - Validation médicale
    - Proposition de 2 plans de traitement :
      - Le plan initial recalculé dans l'image du jour
      - Le plan recalculé
    - Possibilité de refaire une image iCBCT



# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## ETHOS

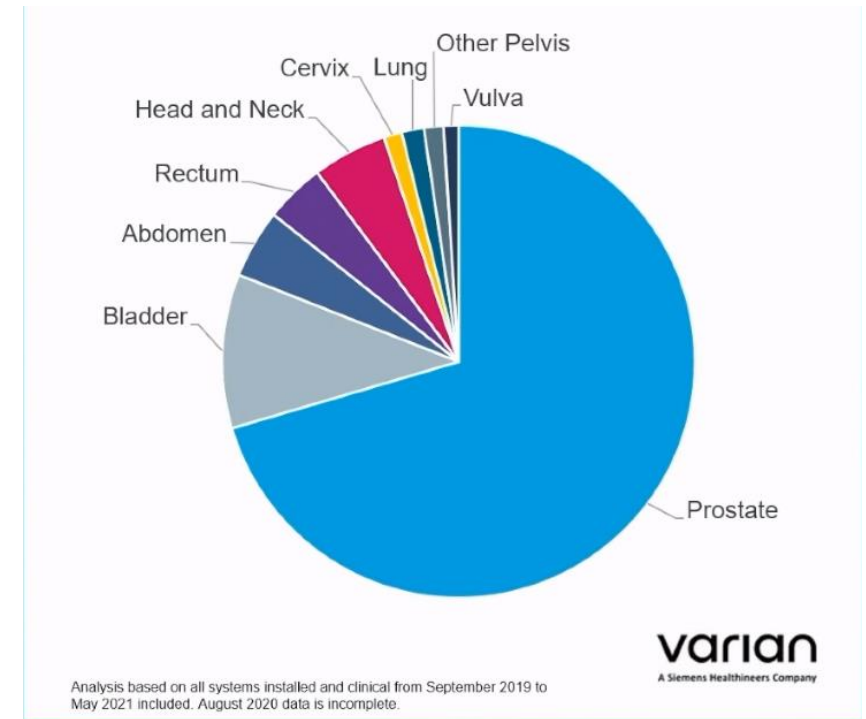
- *Clinical implementation of artificial intelligence-driven cone-beam computed tomography-guided online adaptive radiotherapy in the pelvic region, P. Sibolt, 2021*
  - Matériel - Méthode:
    - 26 patients (8 vessies, 8 prostates, 6 rectums, 4 canaux anaux)
    - Réduction des marges sur les vessies
    - Correspondant à 100 séances adaptatives
  - Résultats:
    - Optimisation des plans pré-traitement avec l'IOE (Intelligent Optimization Engine) équivalente aux plans réalisés par un opérateur sauf boost intégré
    - En adaptatif : 88% des plans ont été ré-optimisés (dont 98% et 100% pour la vessie et le canal anal)
      - Facteur décisionnel à la reprise:
        - 60% couverture des volumes cibles
        - 30% couverture des CTV/PTV et doses aux OAR
        - 3% dose aux OAR
        - Modulation des UM trop importante
    - Temps Médian de 17,6 min (fin CBCT au début du traitement)
    - Vessie : le gain sur les marges a permis un gain de dose sur l'intestin
    - Aucune surveillance intra fraction (CBCT de nouveau avant traitement)

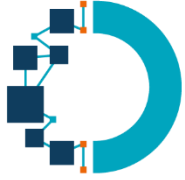


# INNOVATIONS CONSTRUCTEURS

## ETHOS

- 34 systèmes ETHOS dans le monde
- 700 séances
- Proportion Hypo fractionnement 33% // conventionnel 64%
- Traitement 3-4 patients à l'heure en workflow adaptative
  - 11-14 min pour le workflow adaptative
- Traitement 6-7 patients à l'heure en mode IGRT





# Take-home message

- Bientôt dans nos services
  - 2 ETHOS (Varian) en France
  - 6 IRM Linac (ViewRay, Elekta) en France

*RTA online (IRM LINAC vs Ethos): point de vue du médical, O. Riou, présentation SFPM 2021*
- Une radiothérapie en différé peut être plus adaptée pour les évolutions progressives
- Une radiothérapie en direct sur IRM peut être plus adaptée sur des déformations plus courtes (foie, pancréas)
- Pour l'hypo fractionnement : gestion du mouvement intrafraction tout aussi importante que la radiothérapie adaptative pour une diminution des marges
- Assurance qualité : workflow de la radiothérapie adaptative, IA, ...

