

**Journées SFRP - Cherbourg  
17 & 18 novembre 2009**

---

**Mesures opérationnelles en  
radioprotection**

---

**Contrôle qualité en radiothérapie**

---

*Alain BATALLA – Physicien médical – PCR*

*Service de Radiophysique*

*Centre François BACLESSE - CAEN*



# Introduction

- Pour arriver à la réalisation du traitement de radiothérapie, un processus complexe de préparation doit être mis en oeuvre
- Le contrôle qualité doit concerner chacun des éléments du processus et couvrir des aspects de mécanique, de physique et de transfert de données
- Sur un plan clinique, le suivi des patients pendant et après leur traitement est aussi une démarche de contrôle qualité

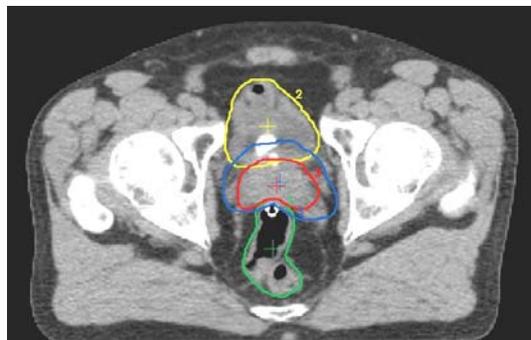
# Processus de radiothérapie

- Acquisition des données anatomiques (scanner X  
→ densités électroniques des tissus)
  - Contourage des volumes (cibles, OAR), définition  
de la balistique
  - Transfert des données vers les stations de  
planimétrie (dosimétrie clinique)
  - Calcul de la répartition de la dose, optimisation,  
calcul de la durée d'irradiation...
  - Transfert des données vers un réseau  
informatique dédié
  - Contrôle initial par imagerie de la position du  
patient et du positionnement des faisceaux de tmt
  - Réalisation du traitement fractionné
  - Contrôle au cours du traitement
- Simulation virtuelle
- Planimétrie
- Traitement

# Processus de radiothérapie

- Acquisition des données anatomiques (scanner X → densités électroniques des tissus)  
(± imagerie multimodale)
- Contourage des volumes (cibles, OAR),  
définition de la balistique
- Transfert des données vers les stations de  
dosimétrie via un réseau informatique

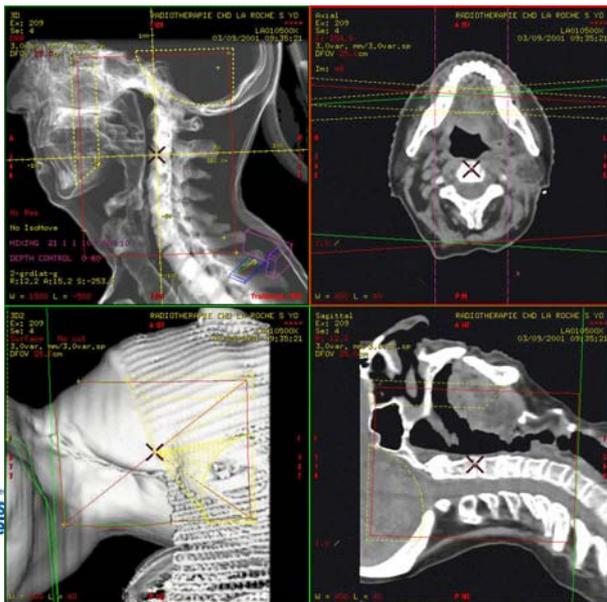
Simulation virtuelle



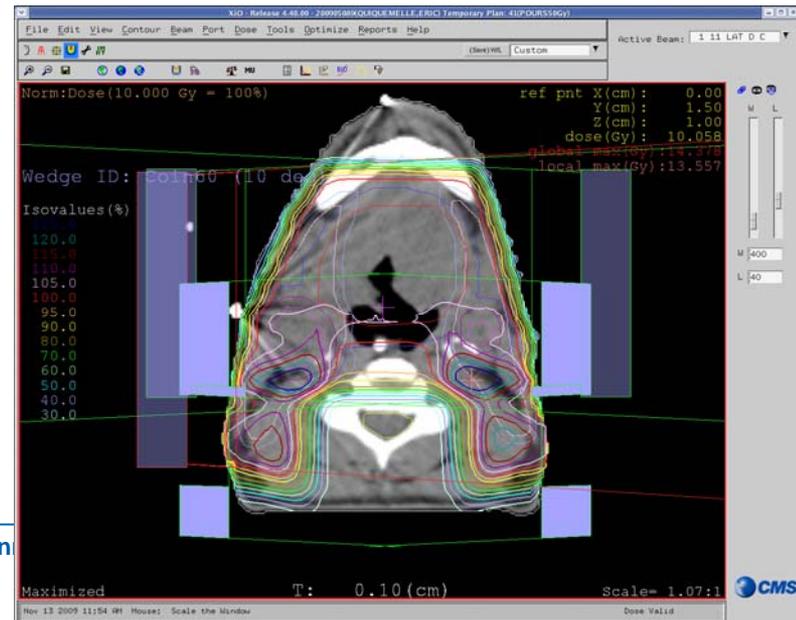
# Processus de radiothérapie

- Calcul de la répartition de la dose, optimisation, calcul de la durée d'irradiation...
- Transfert des données du TPS vers un réseau informatique dédié (R&V)

Planimétrie (TPS)



opération



# Processus de radiothérapie

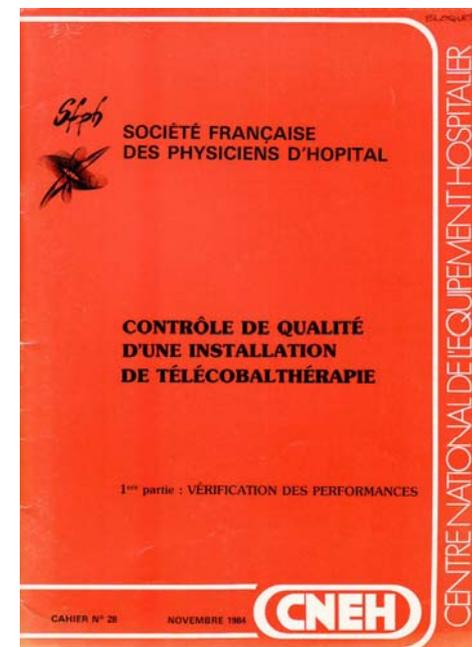
- Contrôle par imagerie de la position du patient et du positionnement des faisceaux de traitement, dosi in vivo, etc...
- Réalisation du traitement fractionné

Traitement



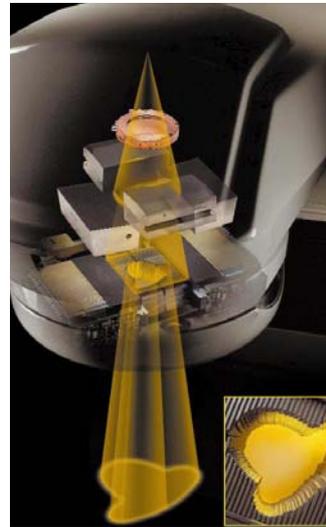
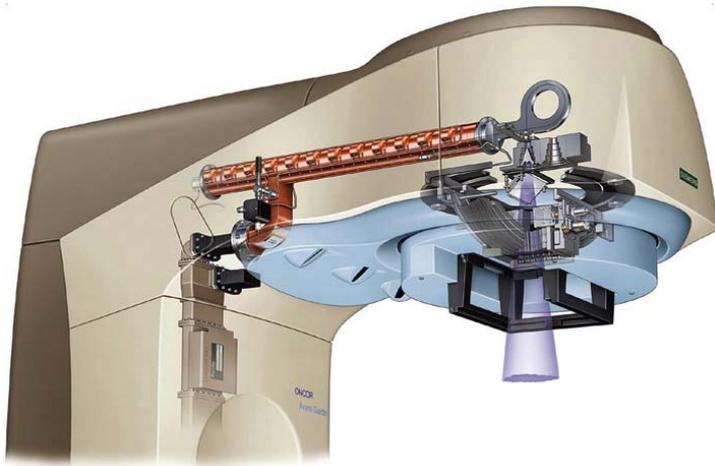
# Contrôle qualité en radiothérapie

- ➔ Aujourd'hui régi par les décisions de l'AFSSAPS  
(2 mars 2004 et 27 juillet 2007)
  - Modalités des contrôles
  - Périodicité
  - Critères d'acceptabilité
  - Traitement des non-conformités
  
- ➔ Malgré tout, les physiciens médicaux font du contrôle qualité en radiothérapie depuis plus de 40 ans sur la base de recommandations nationales et internationales



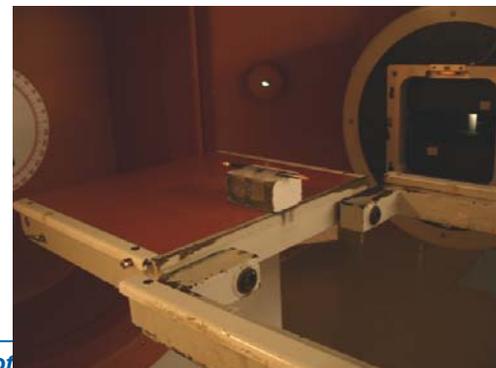
# Contrôles mécaniques

- ➔ L'accélérateur linéaire médical : une mécanique complexe



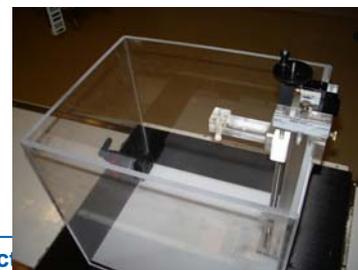
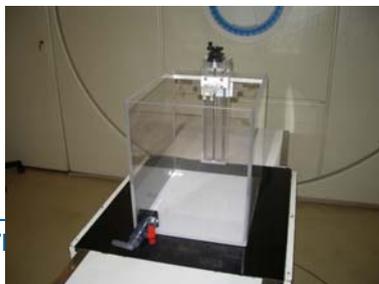
# Contrôles mécaniques

- ➔ Déplacements en longitudinal, latéral et vertical des supports du patient (table de tmt, lit du scanner)
  - ➔ Centre de rotation des accélérateurs (isocentre)
  - ➔ Rotation du collimateur
  - ➔ Tailles de champ
- 
- Vérification des valeurs (en absolu)
  - Vérification de la concordance entre les valeurs réelles et les valeurs affichées (analogiques ou numériques)
- 
- Outils :
    - Niveau à bulle ou niveau électronique
    - réglet etc. ...
    - Imagerie d'objets-test et analyse informatique



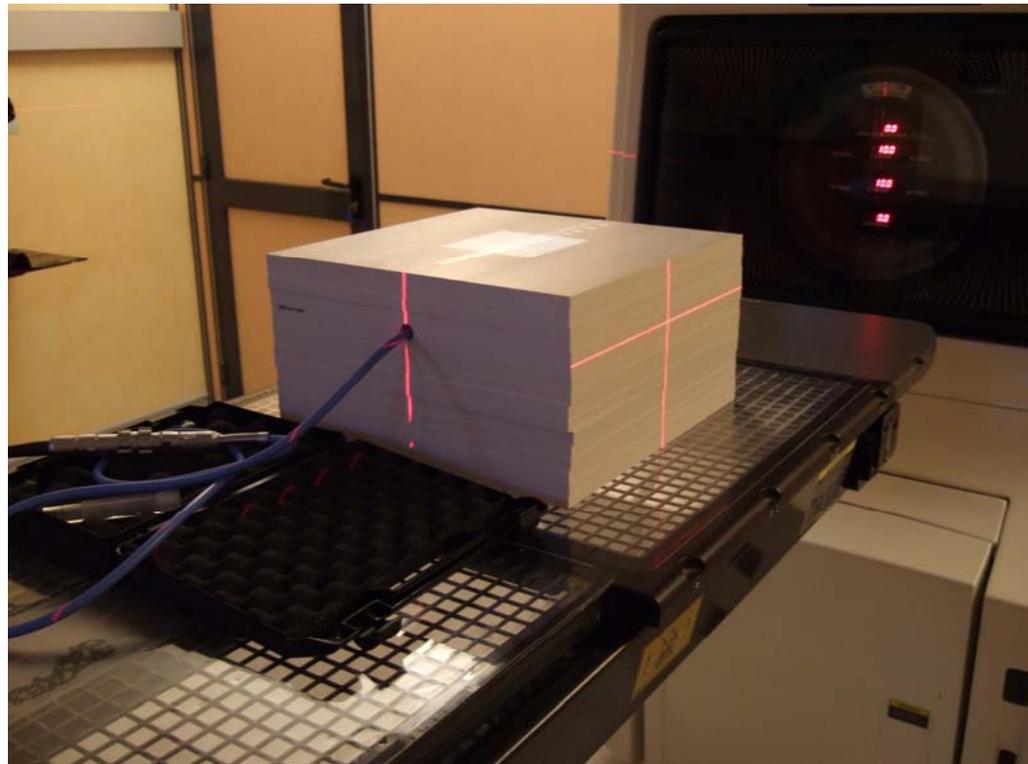
# Contrôle des faisceaux

- Tant pour les mesures absolues que les mesures relatives, le détecteur de base en radiothérapie est la **chambre d'ionisation** associée à un électromètre
- La dose de référence (en Gy) est mesurée dans l'eau (milieu de référence) selon le protocole AIEA 398, grâce à une chambre d'ionisation étalonnée au LNHB. Contrôle externe tous les 3 ans → Equal Estro



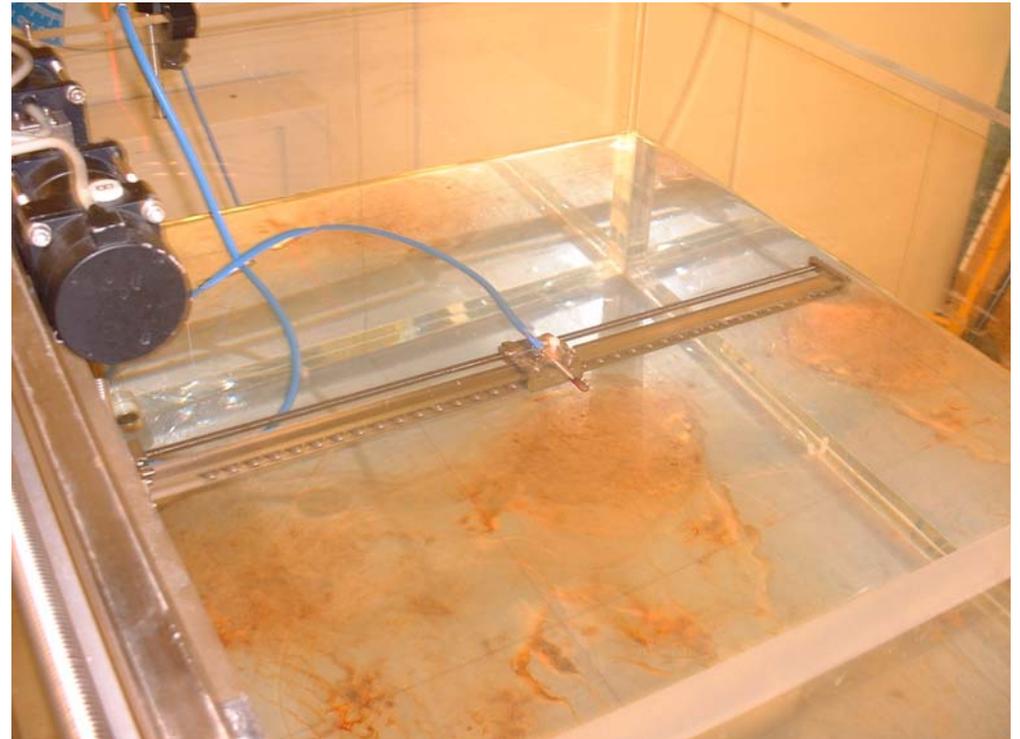
# Contrôle des faisceaux

- La constance de cette dose est contrôlée quotidiennement
- Géométrie fixe



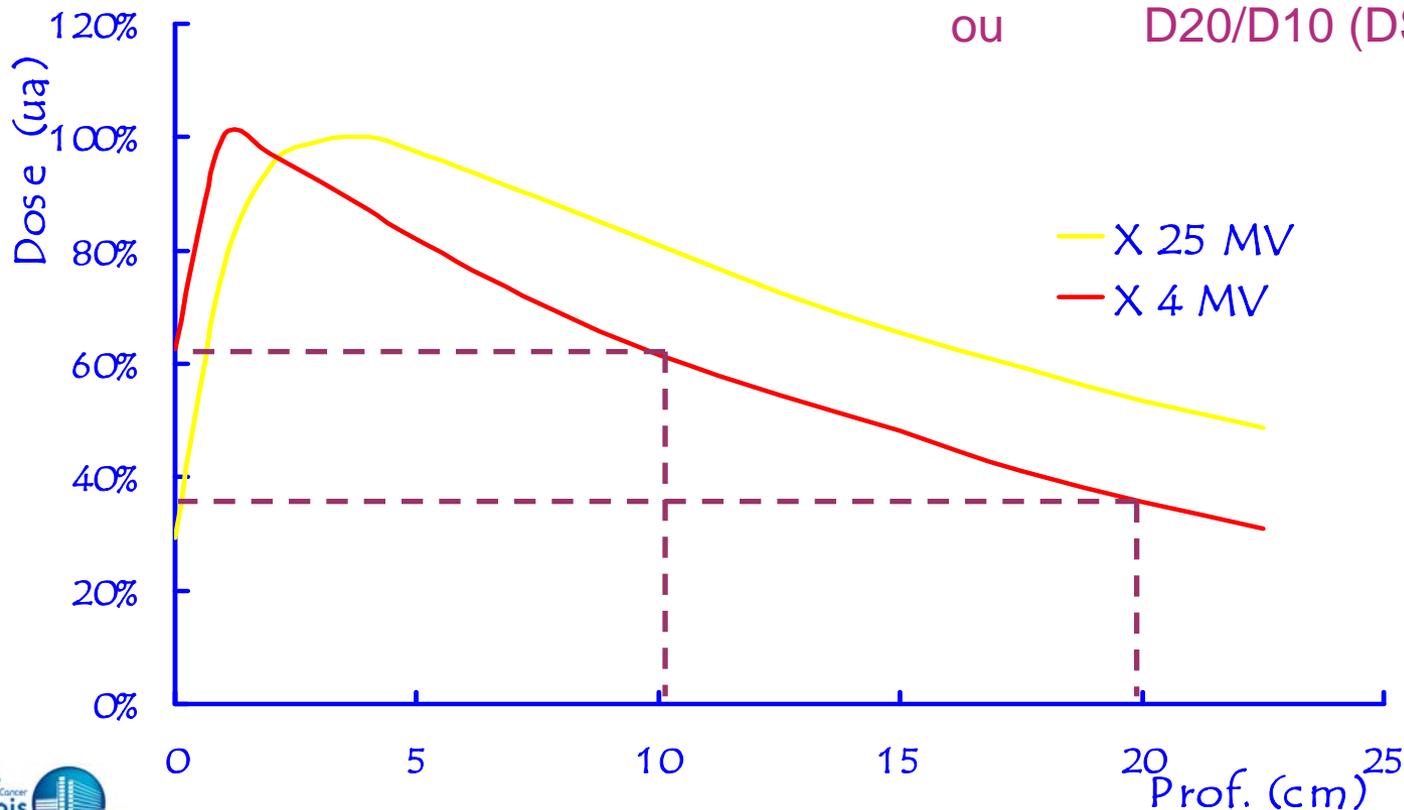
# Contrôle des faisceaux

- ➔ Mesures relatives
- ➔ Explorateur de fantôme d'eau
  - Mesure des Rendements en profondeur
  - Mesure des profils



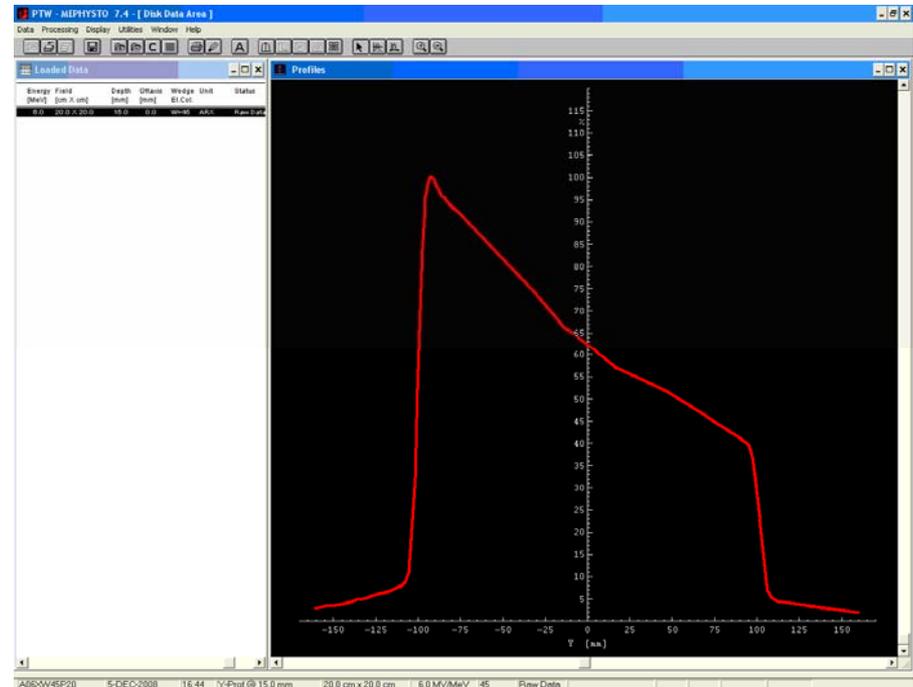
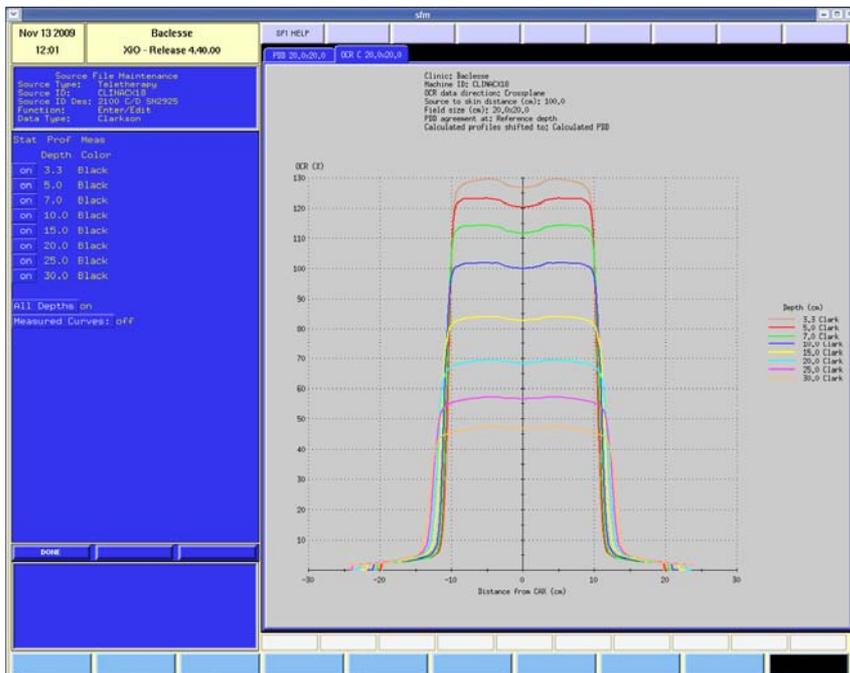
# Contrôle des faisceaux

- Mesures relatives
- Énergie : Mesure du rendement en profondeur (DSP = Cte)  
Mesure de l'indice de qualité J20/J10 (DSD = Cte)  
ou D20/D10 (DSP = Cte)



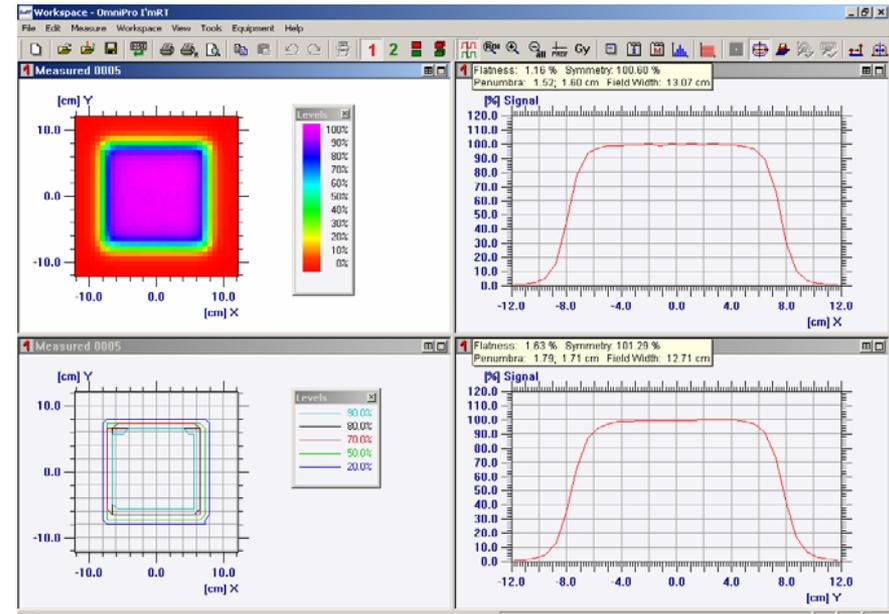
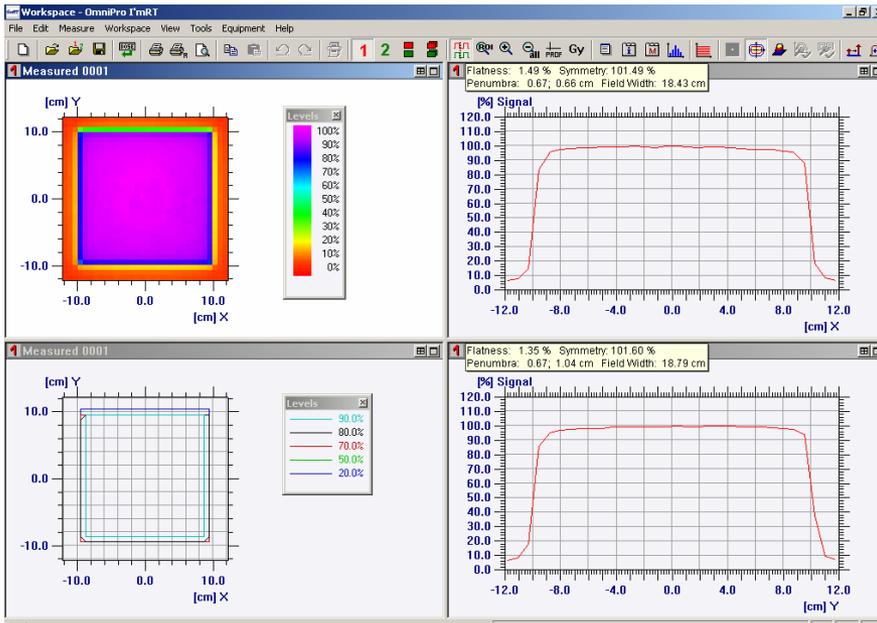
# Contrôle des faisceaux

- Mesures relatives
- Homogénéité et symétrie : Mesure des profils



# Contrôle des faisceaux

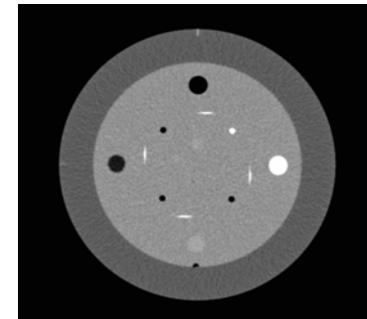
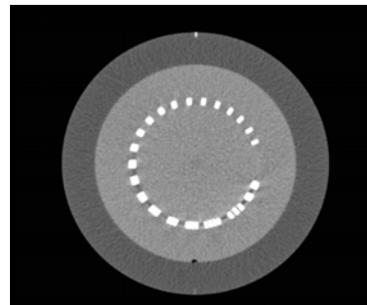
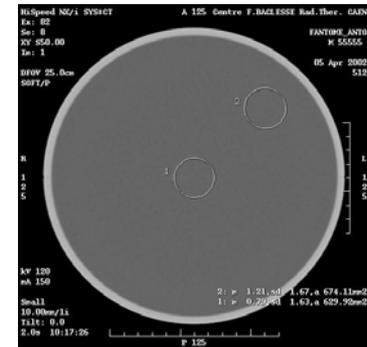
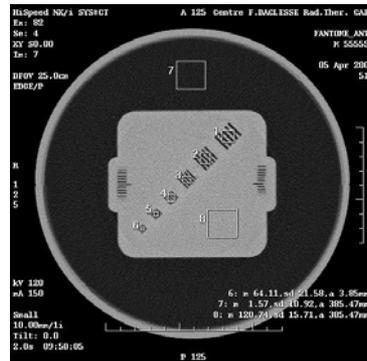
- ➔ Multi détecteurs
  - 1D ➔ Barrettes
  - 2D ➔ Matrices



# Contrôle des systèmes d'imagerie

## ① Scanner

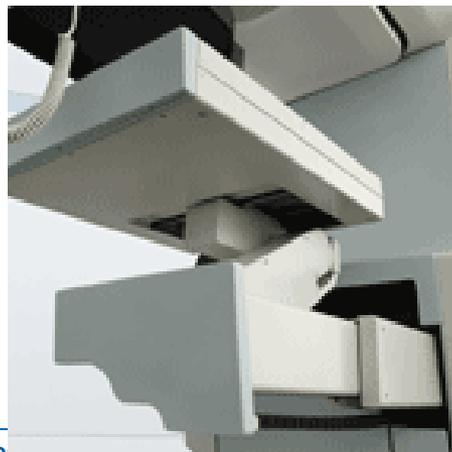
- ➔ Qualité de l'image scanner : Objets-test contenant des inclusions permettant de mesurer l'homogénéité, la résolution spatiale etc. ...



# Contrôle des systèmes d'imagerie

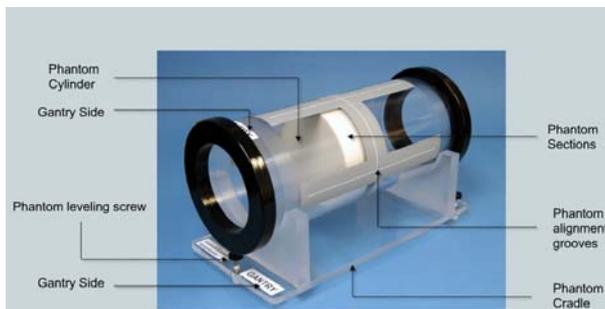
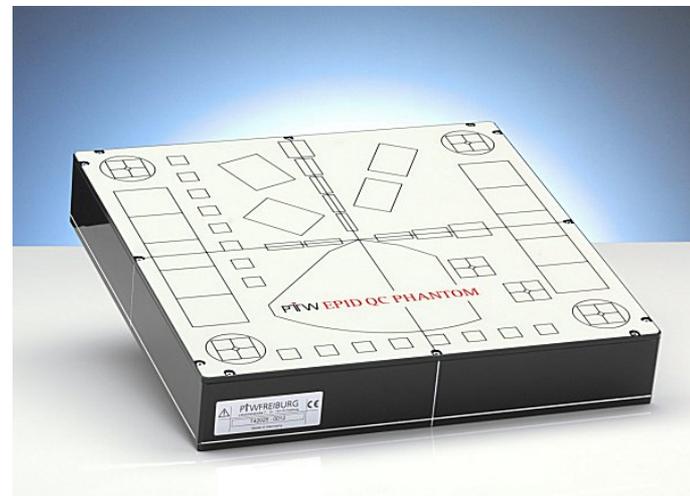
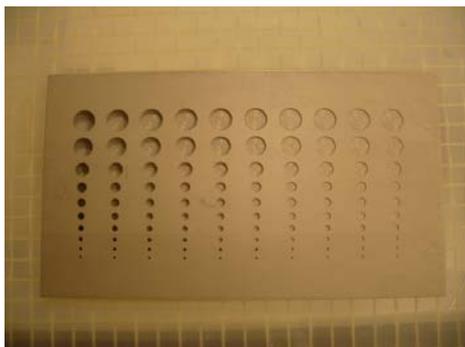
## ② Imageur portal

→ Systèmes d'imagerie des accélérateurs linéaires



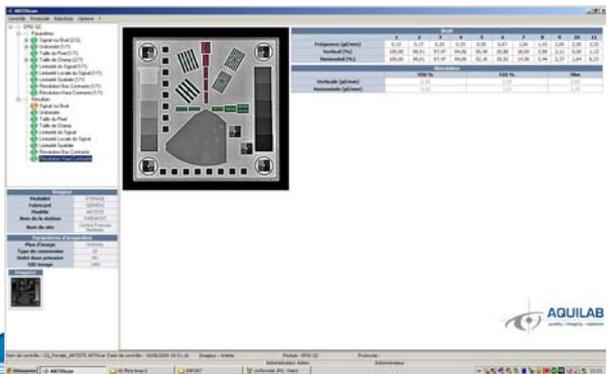
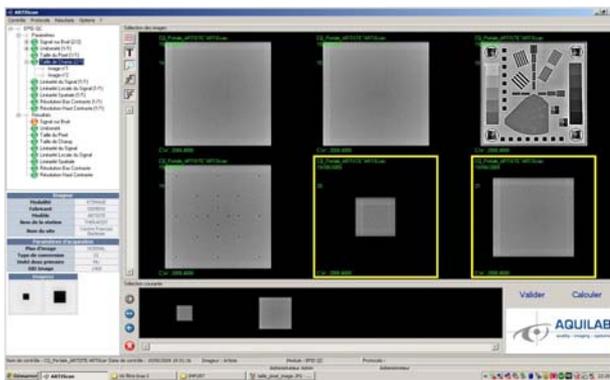
# Contrôle des systèmes d'imagerie

## → Systèmes d'imagerie des accélérateurs linéaires

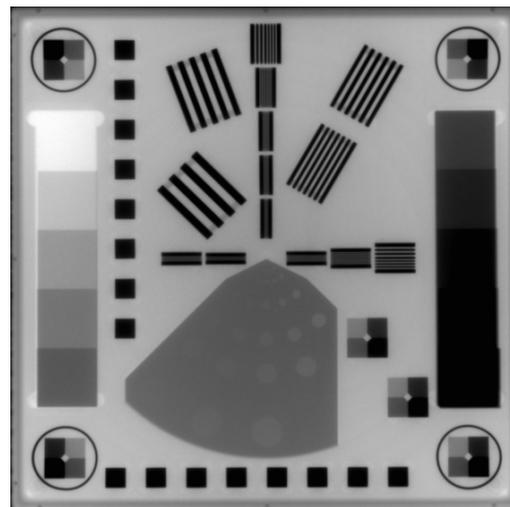


# Contrôle des systèmes d'imagerie

- ➔ Objets tests et logiciels d'analyse pour le CQ des systèmes d'imagerie des accélérateurs linéaires

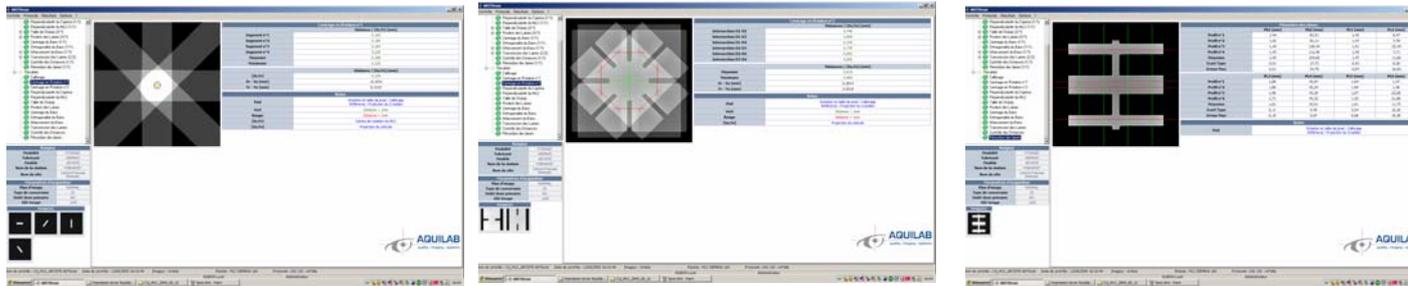


- Distorsions géométriques
- Bruit
- Résolution spatiale
- Résolution en contraste
- etc. ...



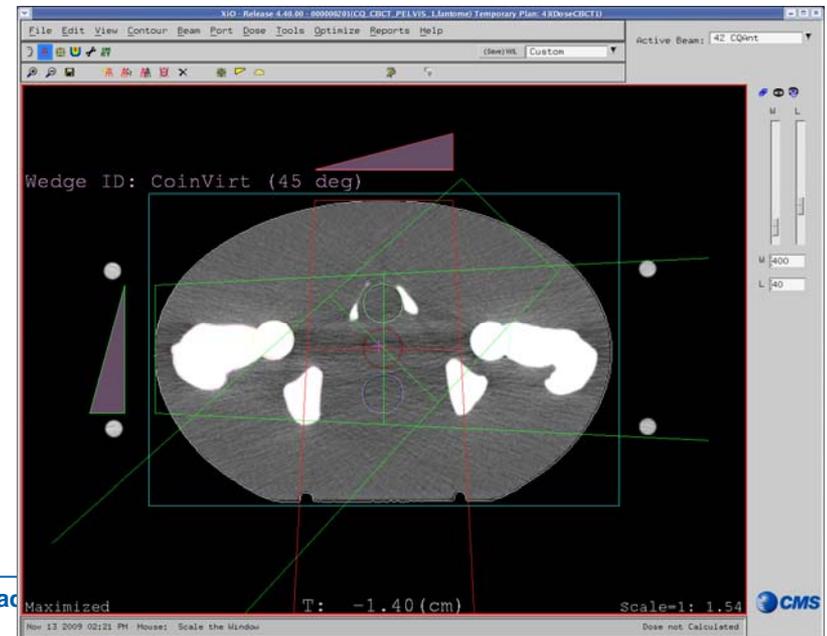
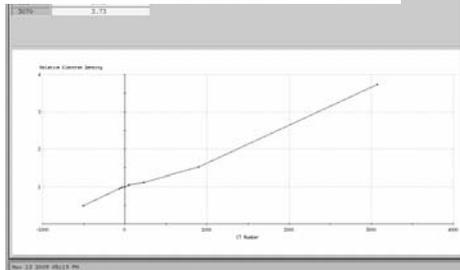
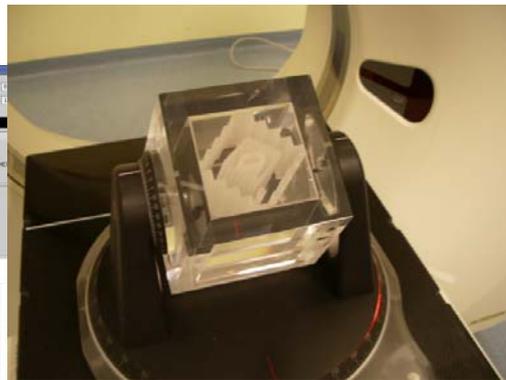
# Contrôles mécaniques → grâce à l'imagerie

- Objets tests et logiciels d'analyse pour le CQ des accélérateurs linéaires



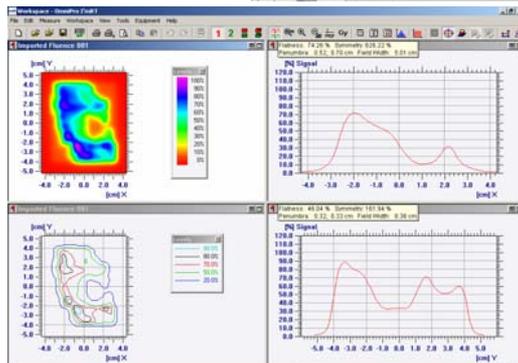
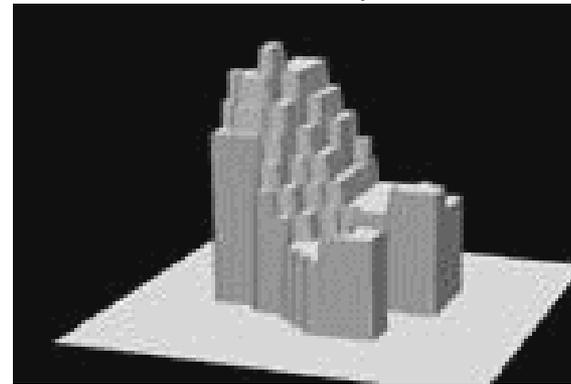
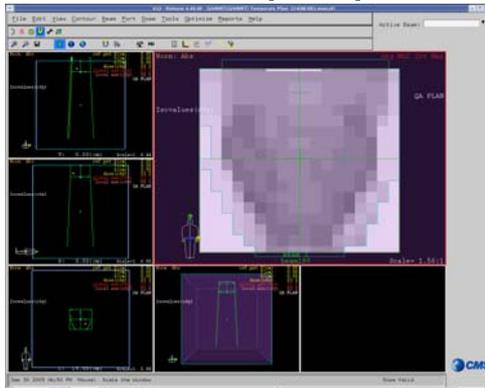
# Contrôle du TPS et de la simulation virtuelle

- ➔ Objets tests et fantômes permettant de réaliser un traitement fictif → vérification de la balistique, des DRR, du MLC, de la constance du calcul dosimétrique, du transfert des données vers les accélérateurs etc. ...



# Contrôle des techniques spéciales

- Pour certaines techniques spéciales, des tests spécifiques sont nécessaires
- Irradiations corporelles totales (ICT ou TBI)
  - Stéréotaxie
  - Radiothérapie par modulation d'intensité (RCMI ou IMRT)

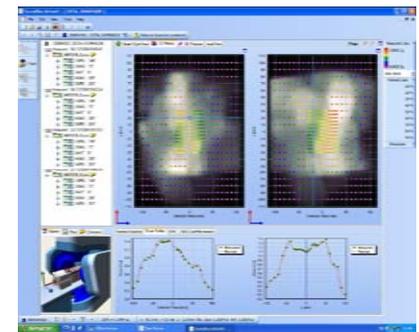
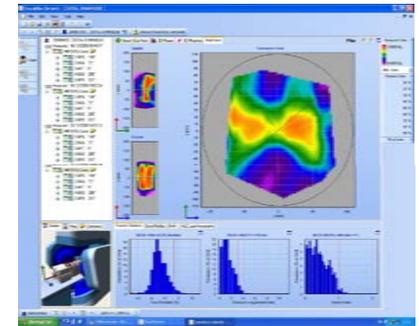


Comparaison entre la fluence calculée sur le TPS et celle effectivement réalisée par l'accélérateur

# Contrôle des nouveaux appareils de traitement

→ De nouveaux systèmes de contrôle sont développés pour les nouveaux appareils de traitement

- Arcthérapie dynamique
- Tomotherapie
- Cyberknife



# Conclusion

- ➔ Le CQ de radiophysique pour la radiothérapie couvre tous les aspects techniques du processus de traitement
- ➔ Il représente un volume de travail important de manière continue
- ➔ Il nécessite une équipe de physique médicale (physiciens et techniciens) bien formés et en nombre suffisant ainsi que du matériel spécifique (Objets-tests, fantômes, logiciels d'analyse ...)
  
- ➔ Difficultés
  - accès aux machines de traitement
  - activité non valorisée pour les établissements (en termes financiers)

# Quelques références ...

- Décision Afssaps du 27 juillet 2007 fixant les modalités du contrôle qualité interne des installations de radiothérapie externe
- Décision Afssaps du 22 novembre 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité des scanographes
- Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 66 : QA for computed tomography-simulation process. Med. phys. 30 (10), October 2003
- Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 53 : QA for computed tomography-simulation process. Med. phys. 25 (10), October 1998
- Rapport SFPM n° 25 : Contrôle de qualité d'une installation de simulation virtuelle, Août 2009
- Denis E., Beaumont S., Guédon J.P., Torfeh T., Normand N., Ailleres N. : New automatic control methods for geometrical treatment planning system tools in external conformal radiotherapy. Medical imaging, 2008
- IEC 61217, Radiotherapy equipment – Coordinates, movements and scales, International Electrotechnical Commission, apr 1, 2008