



# Principes et techniques de la radiothérapie thoracique des carcinomes bronchiques non à petites cellules

GOLF 9 octobre 2018

Pr Catherine DURDUX

Dr Jean-Emmanuel BIBAULT, Françoise JAFFRE

Service d'oncologie-Radiothérapie, HEGP, Paris

# Pourquoi s'intéresser à la radiothérapie dans le CNPC ?

## INDICATIONS MULTIPLES CONDUISANT A DES TECHNIQUES MULTIPLES

- Radiochimiothérapie concomitante : standard de traitement des stades localement avancés et/ou inopérables (stades III)
- Radiothérapie en conditions stéréotaxiques des T1-T2 N0 M0 inopérables
- Radiothérapie palliative décompressive, hémostatique ou antalgique
- Radiothérapie médiastinale post-opératoire des pN2 ?
- Radiochimiothérapie néoadjuvante des Pancoast-Tobias ?

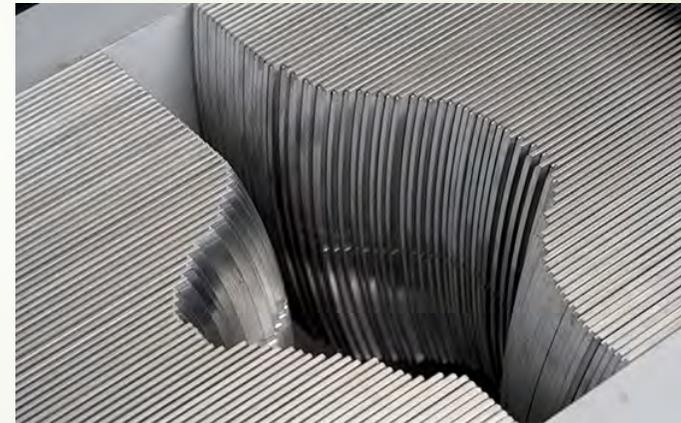
# Comment ça marche ?

## Principes radiobiologiques

- Utilisation de **photons X** produits par des **accélérateurs linéaires**
- **Onde électromagnétique** (sans masse)
- Hautes énergies (10MV)
- Interaction avec la matière # **Radiolyse de l'eau** < 1 seconde
- Production de **radicaux libres** OH. / H. labiles très réactifs
- **Cassures mono-bibrin de l'ADN**, lésions des sucres et des bases Environ 40 double-brin par Gy
- Lésions des phospholipides membranaires
- **Effet différentiel** sur les capacités de réparation par le fractionnement de la dose
- **Mort mitotique ou apoptotique**
- Pour les schémas hypofractionnés à fortes doses : **Nécrose ?**  
Relargage des Ag tumoraux pouvant expliquer l'**effet abscopal**

4

## Qu'est ce qu'un accélérateur linéaire ?



Collimateur multilames

## Pré-requis à une radiothérapie thoracique à visée curative

Traitement LOCO-REGIONAL = LE RADIOTHERAPEUTE RAISONNE COMME LE CHIRURGIEN

- Compte-rendu d'**endoscopie**
- **Imagerie AVANT chimiothérapie**
  - Scanner
  - TEP : atélectasie / tumeur ; adénopathies
  - Eventuellement IRM dans les tumeur de l'apex avec atteinte vertébrale
- **EFR** : VEMS et DLCO/VA

Fusion d'images

## Do list avant traitement : Le modèle de la RT conformationnelle 3D

- RCP / Consultation médicale / Consultation paramédicale
- **Contention** MER
- **Scanner de dosimétrie** injecté en position de traitement en coupes fines TDM 4D MER
- **Fusions d'image** avec les images diagnostiques DOSIMETRISTES MEDECINS
- **Contourage** = délinéation du volume cible et des organes à risque MEDECINS
- **Dosimétrie** DOSIMETRISTES PHYSICIENS → MEDECINS
- DRR et transfert informatique vers le logiciel de pilotage de l'AL DOSIMETRISTES
- Mise en place / **contrôle de qualité** MER

# Systèmes de contention

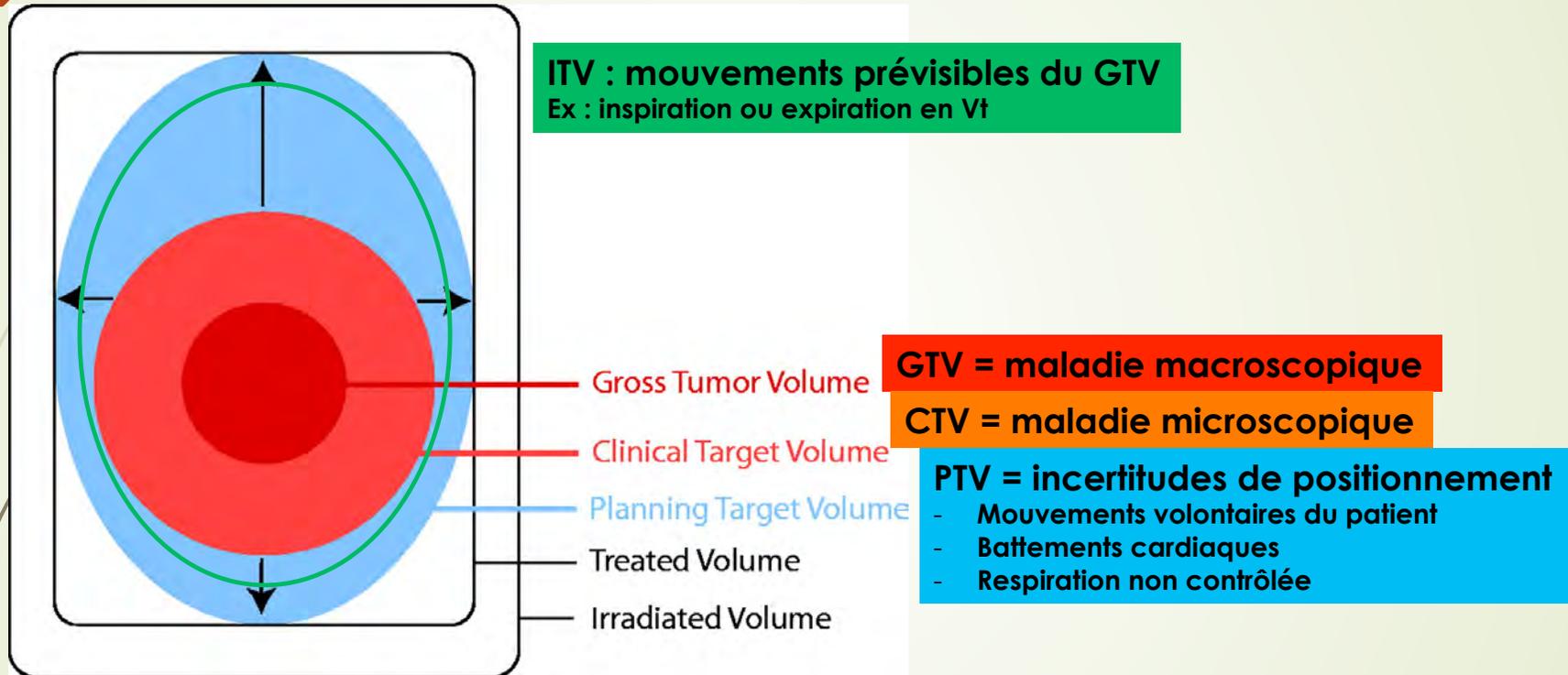
**CONFORTABLES POUR POSITIONNEMENT REPRODUCTIBLE**

- ▶ En décubitus dorsal
- ▶ Définition de la position des membres supérieurs



# Définition du volume cible

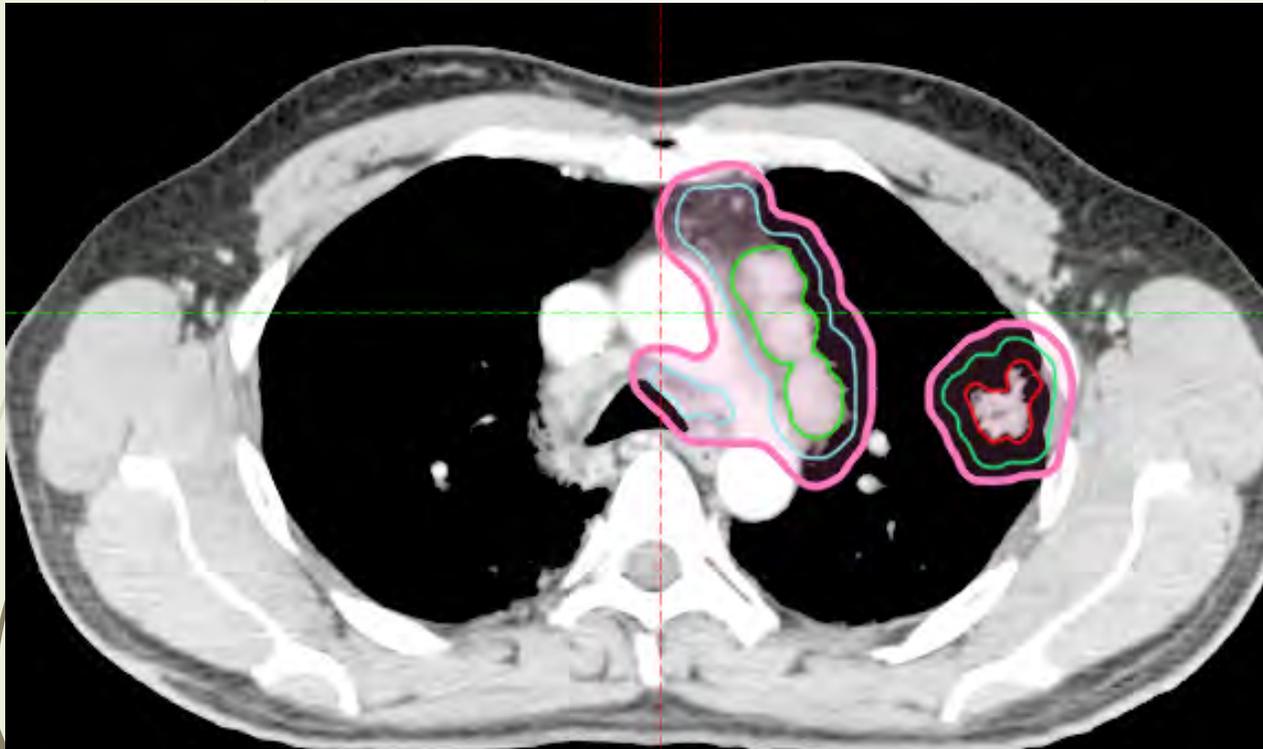
8



**La dose souhaitée doit être délivrée dans l'ensemble du PTV**

# Exemples de délinéation des volumes T et N

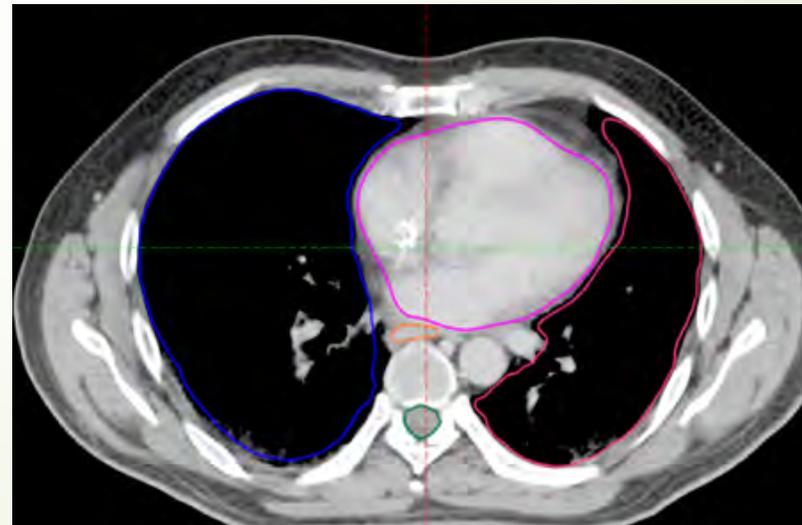
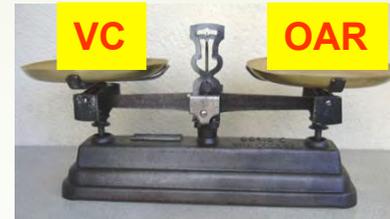
9



- GTV T
- GTV N
- CTV T
- CTV N
- PTV

## Les organes à risque

- Poumons D et G
- Cœur
- Moelle épinière
- Œsophage
- Plexus brachial
- [Sein]
- Pacemaker
  
- Gros vaisseaux
- Trachée et BP
- Paroi



# Comment réaliser une dosimétrie ?

- Niveau de gris des images TDM corrélé à la densité électronique des tissus
- Interactions du rayonnement corrélé à la densité électronique des tissus
- Algorithmes de calcul corrélant ces interactions avec la dose reçue

## ➤ Définir

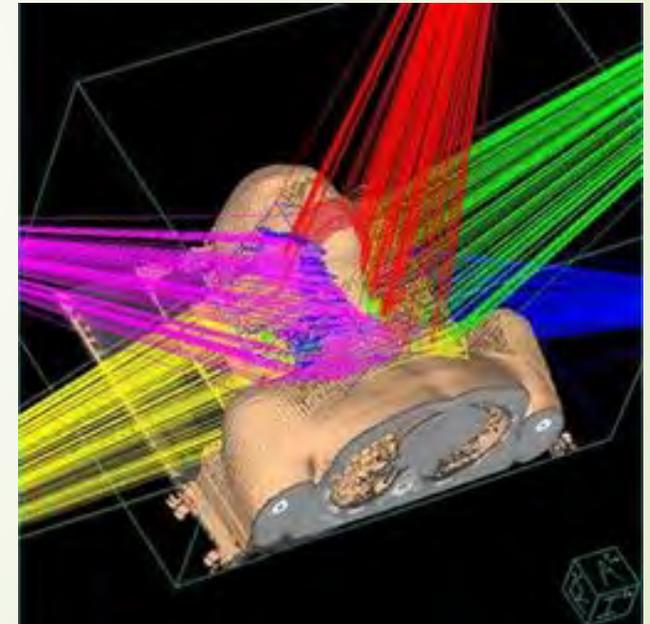
5 fractions hebdomadaires de 2Gy

- La **dose totale** (Gy) et le **fractionnement**
- L'(les) **énergie(s)** des photons
- Le nombre / taille/ positionnement des **faisceaux**
- La pondération de la dose par faisceau
- La position des lames du collimateur pour protéger les OAR

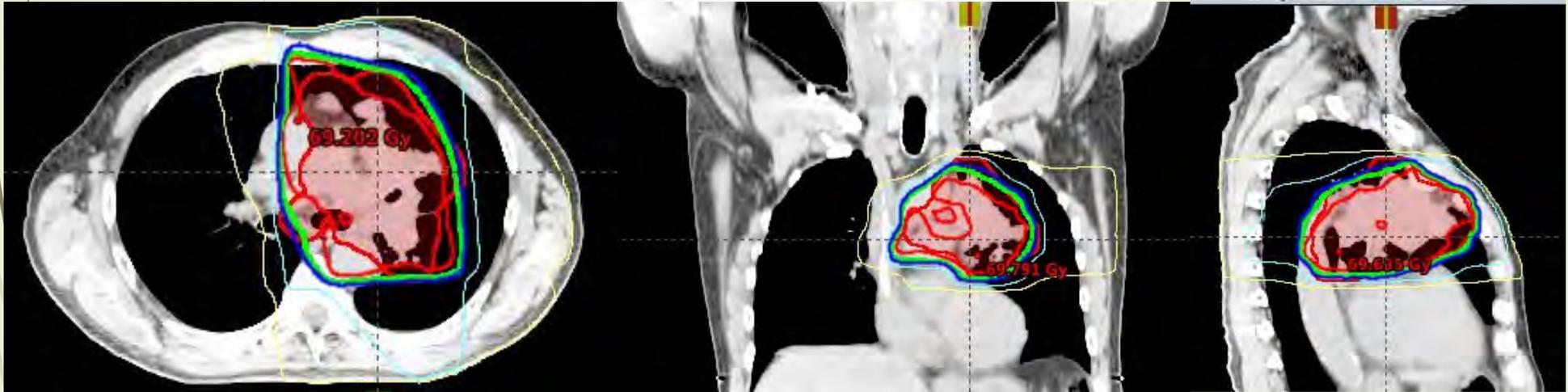


## ➤ Respecter les **contraintes de dose aux OAR**

- Expertise des dosimétristes
- Double contrôle médecins
- Validation médicale



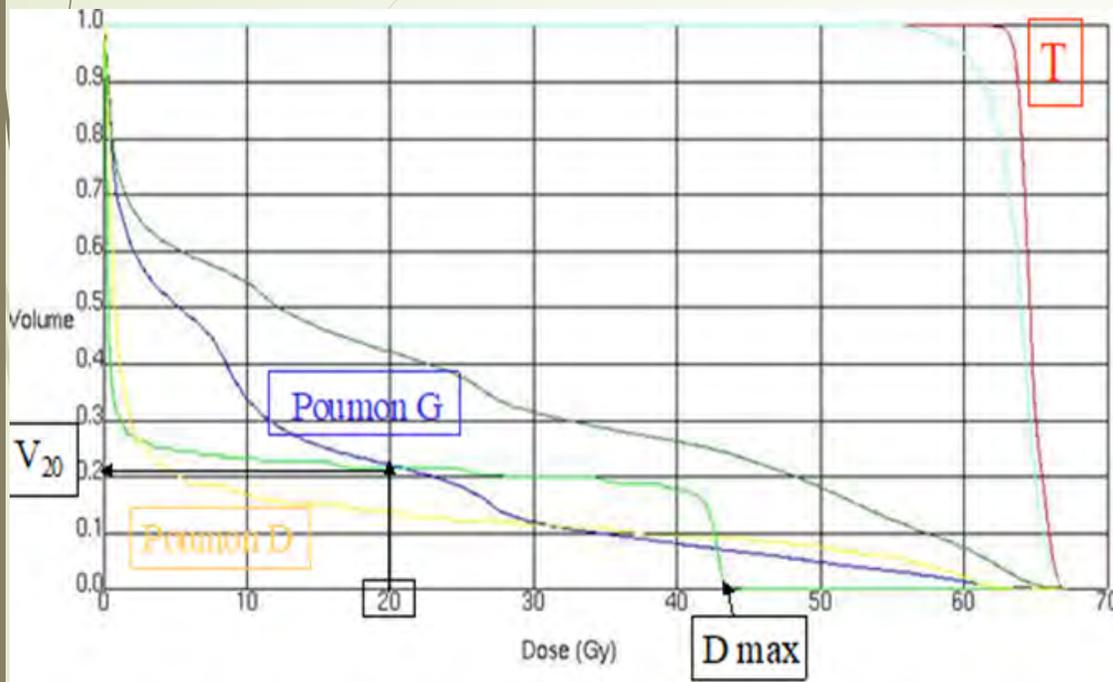
## Exemple de dosimétrie 3D



Courbes **ISODOSES** en 3D :  
en rouge = 66 Gy  
en vert = 62,7 Gy  
en jaune = 20 Gy

# L'histogramme dose-volume

## VERIFICATION DU RESPECT DES DOSES AU VC ET OAR



	RT	ARCC	Post lobectomie	Post pneumonectomie
Dose moyenne pulmonaire (Gy)	< 20	< 20	< 15	< 8 -10
V20 pulmonaire total (%)	< 40	≤ 35	< 20	< 10
Moelle épinière	Dose maximale : 45 Gy			
Cœur (%) V45 V60	≤ 66	< 33		

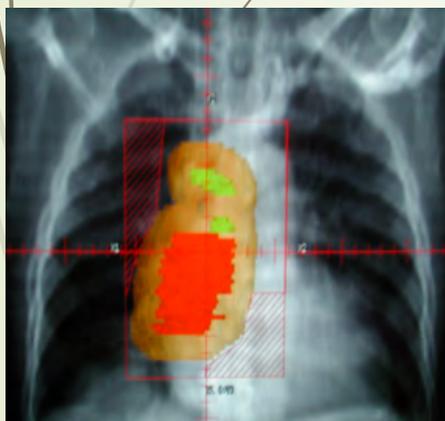
## IMPORTANCE DU V20 et de la DOSE MOYENNE PULMONAIRE

# Mise en place et contrôles de qualité

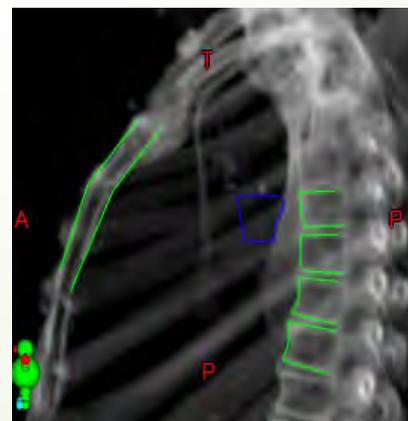
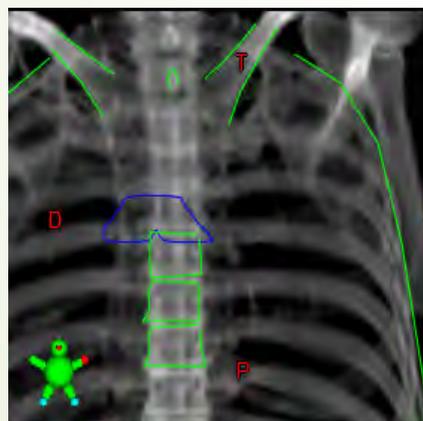
14

S'ASSURER QUE LE PATIENT EST TRAITÉ CONFORMEMENT À LA DOSIMÉTRIE

- Dosimétrie in vivo = Séance 1
- Imagerie embarquée sur l'AL = Image-guided radiotherapy = IGRT
  - Matching par OBI KV sur repères osseux / clarté trachéale à partir des DRR
  - Matching par Cone beam CT (CBCT)

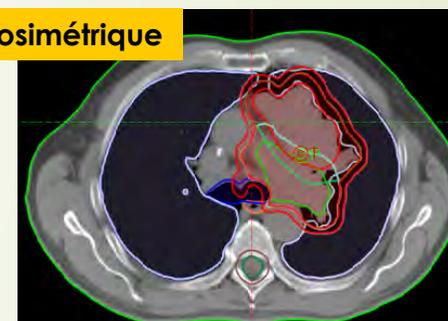


DRR



Matching sur repères osseux surlignés

Référence dosimétrique



CBCT



# Les techniques innovantes

➤ **L'asservissement respiratoire** (gating)

= limiter les mouvements du VC / diminuer les marges / protéger le poumon sain

➤ **La radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI)**

= plusieurs techniques possibles (arcthérapie dynamique)

= fort gradient de doses avec isodoses concaves/convexes

= éviter un OAR +++

aux faibles doses

non validée par l'HAS

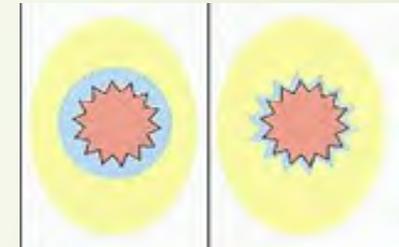
➤ **La radiothérapie en conditions stéréotaxiques**

= AL upgradé ou cyberknife<sup>R</sup>

➤ **La radiothérapie adaptative** : dosimétries successives et/ou guidées par TEP en cours de RT

➤ L'hadronthérapie : les **protons** (Nice, Orsay puis Caen) ; les ions carbone

?



# L'asservissement (gating) respiratoire

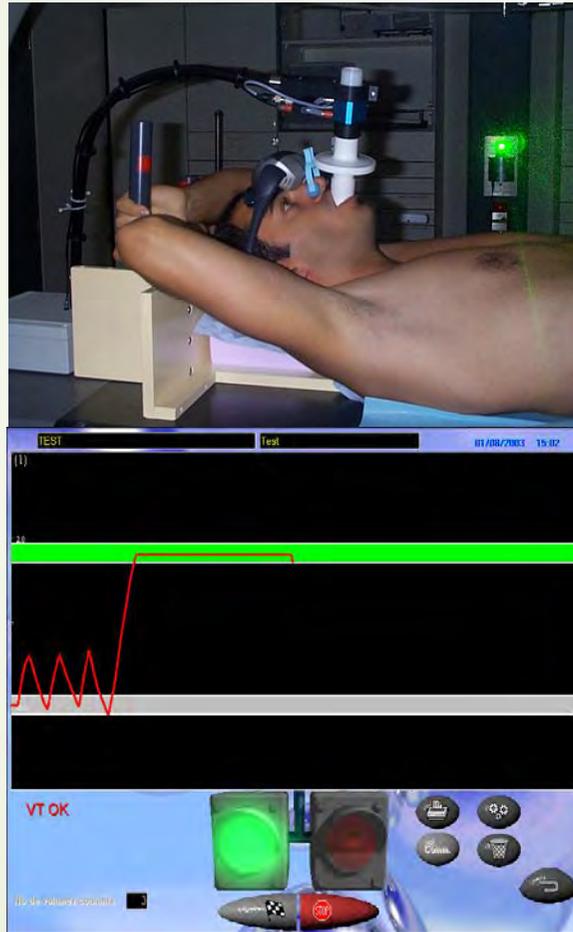
16

## APPRENTISSAGE

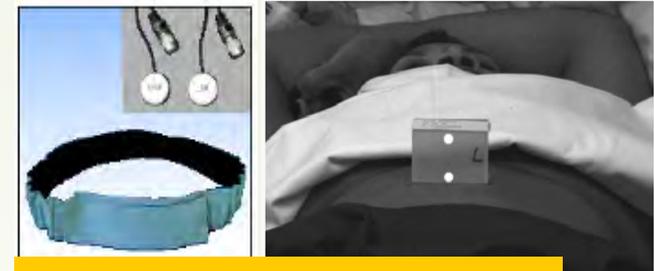
Blocage inspiratoire  
spirométrique  
Volontaire ou non

Traitement  
en inspiration bloquée  
80 % du VRI

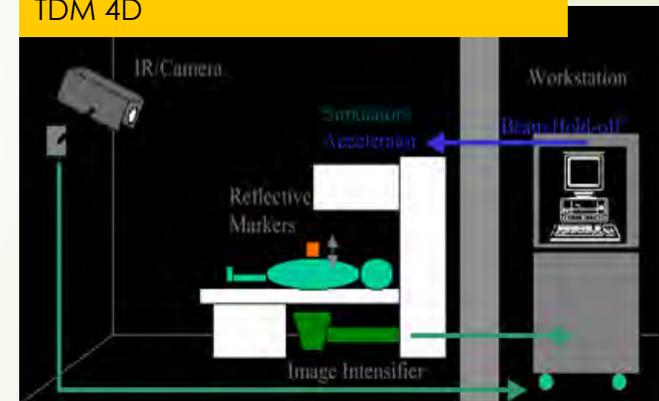
## Respiration bloquée ++++



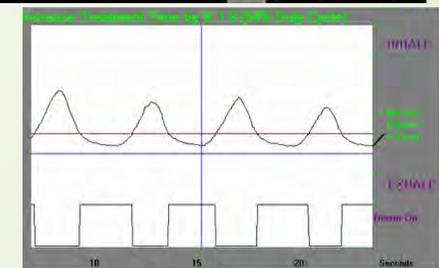
## Respiration libre



Enregistrement des mvts respiratoires  
TDM 4D



Traitement  
en fin d'expiration



# Le principe de la RCMI

## ► Planification inverse

- Contraintes de doses / priorités
- Variation volontaire de la dose (fluence)

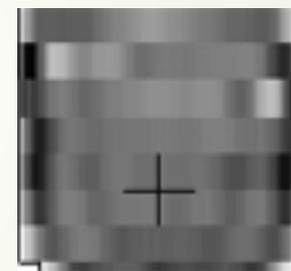
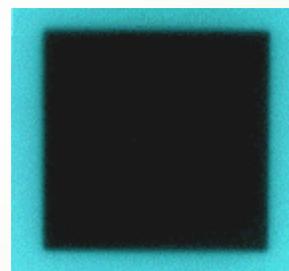
## ► Appareillage de pointe coûteux

- Collimateur multilame
- Appareil dédié = Tomotherapy<sup>R</sup>

## ► Temps physicien / médecin

- Précision du contourage
- Complexité de la dosimétrie

Tomotherapy



a



n

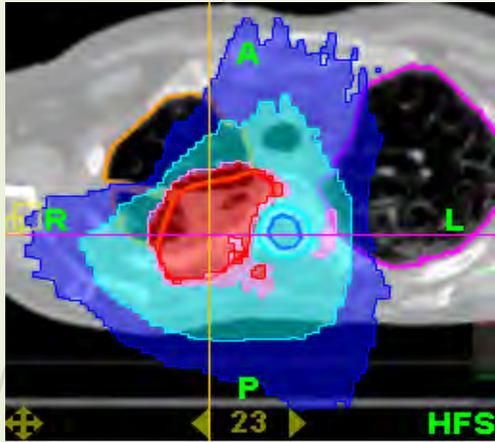


z

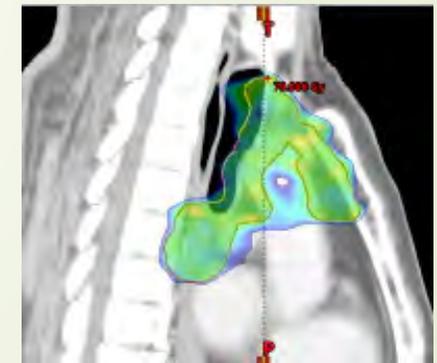
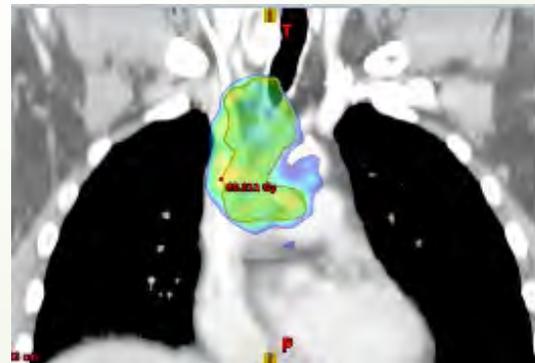
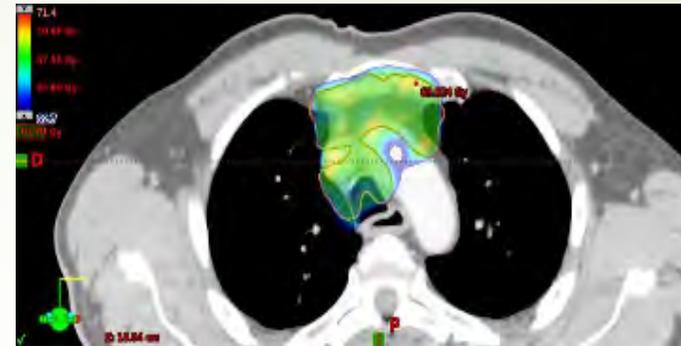


a...+...n...  
+...z

## Exemple de dosimétries en RCMI



Isodoses concaves évitant la moelle



Grande conformalité du volume traité de forme complexe

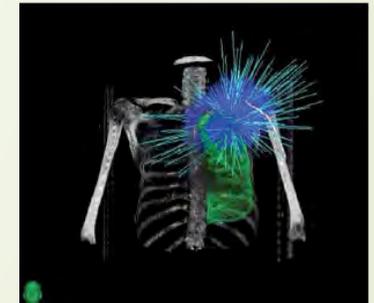
## Les principes de la radiothérapie thoracique en conditions stéréotaxiques

- Concept ancien développé par Leskell, neurochirurgien suédois, pour les tumeurs cérébrales dans les années 1960
- **Modification du fractionnement :**
  - **Fortes doses** par séance ( $\geq 6$  Gy à plus de 30 Gy), selon topographie
  - **Moins de 10 séances**, le plus souvent un jour sur deux
- Réalisée par
  - un accélérateur conventionnel adapté aux conditions stéréotaxiques
  - un appareil dédié (Cyberknife<sup>R</sup>, Accuray)
  - plusieurs (multiples) faisceaux non coplanaires
- Importance de la précision des recalages d'images et de la délinéation
- Expertise spécifique pour la dosimétrie
- Importance du contrôle de qualité
- La radiobiologie classique ne s'applique pas

Tumeur  $\leq 5$  cm

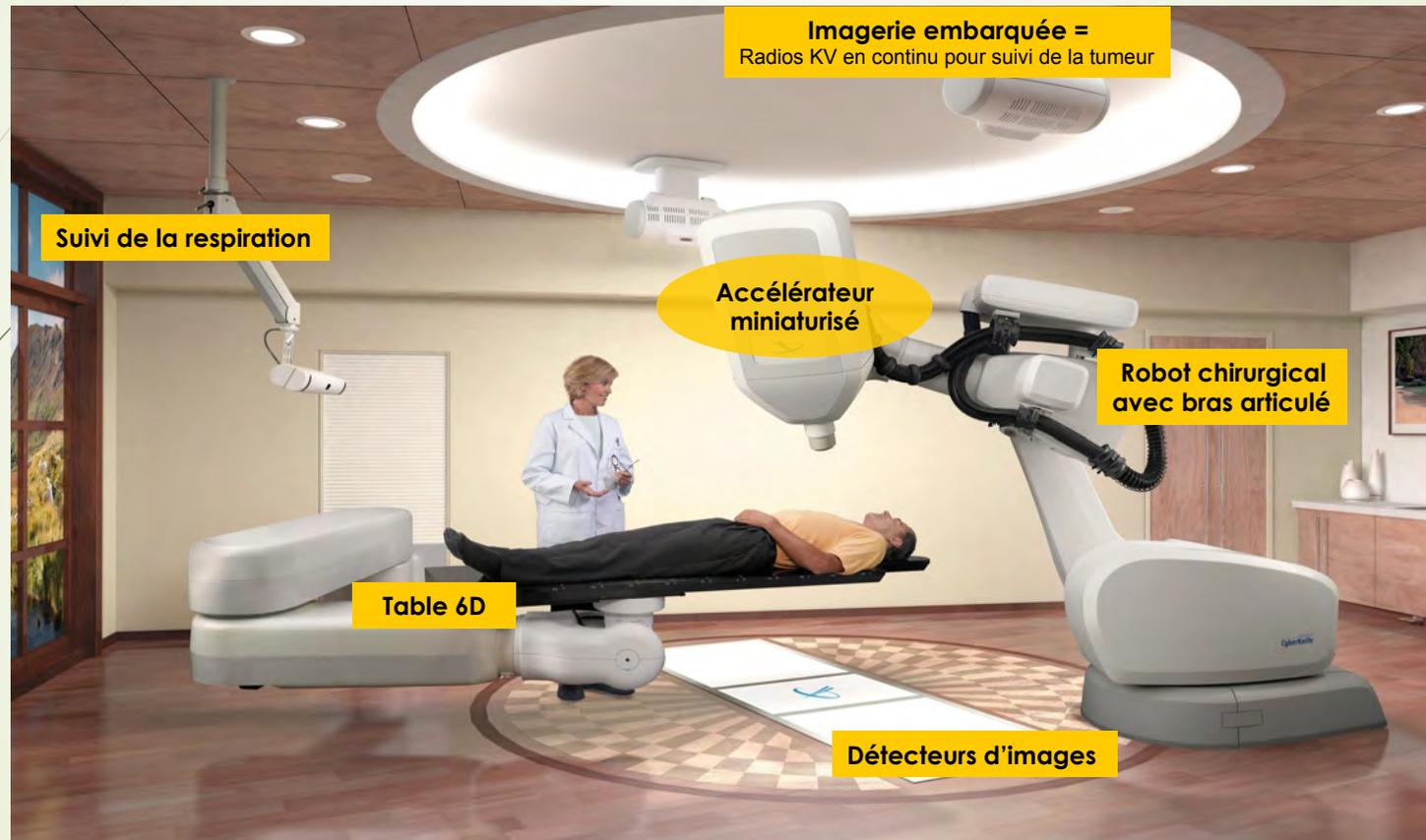


OAR multiples  
Contraintes spécifiques



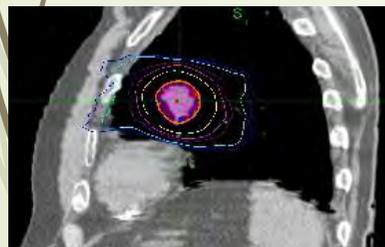
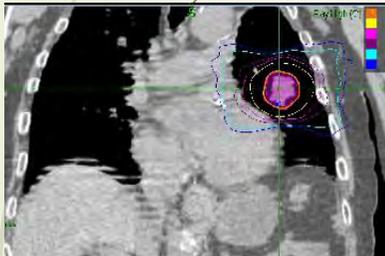
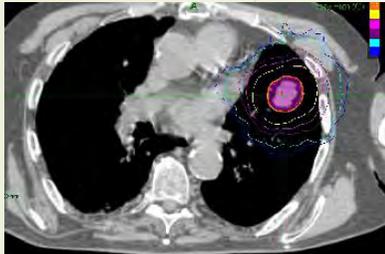
Précision millimétrique

## Le cyberknife : dédié à la radiothérapie en conditions stéréotaxiques



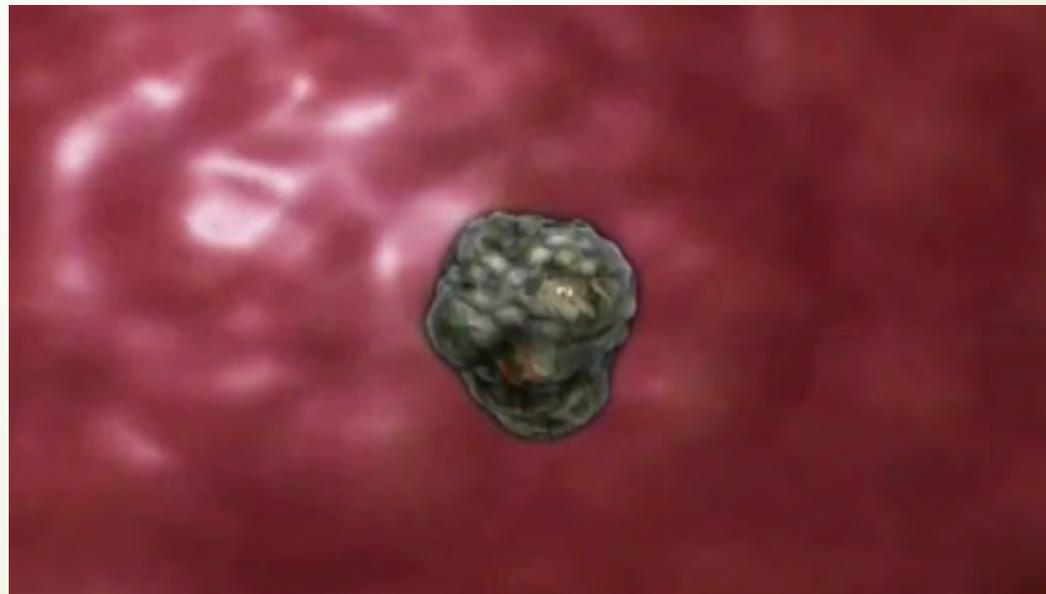
# Tracking et dosimétrie au cyberknife

Temps de traitement 30 à 60 mn



## Tracking

- direct pour  $> 15 - 20$  mm : Lung Optimized Treatment
  - sur fiduciales
  - sur recalage rachidien



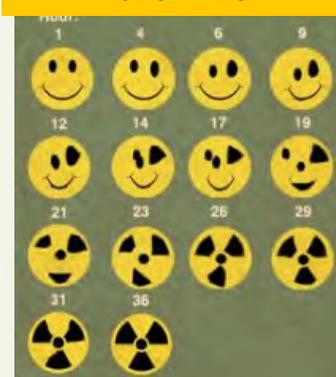
# Conclusions

**Arme essentielle en oncologie thoracique, la Radiothérapie est en plein essor technologique**

- ▶ Elle nécessite :
  - de lourds **investissements**
  - une **formation** de pointe permanente des équipes
  - une **assurance qualité** irréprochable
- ▶ Elle permet :
  - une meilleure **protection des OAR**, notamment poumon et cœur
  - une possible **escalade de dose** TEP-guidée
  - le traitement de **patients insuffisants respiratoires** ayant une tumeur localisée
  - le traitement de certaines **récidives en territoire irradié**

Elle doit s'inscrire dans une **stratégie pluridisciplinaire et multimodale**, avec notamment des perspectives de développement aux patients oligo-métastatiques.

**Effects of radiotherapy over time**



## FORMATION CONTINUE

Certificat européen interuniversitaire en oncologie thoracique  
Examen donnant droit à une attestation de réussite délivrée par l'Université  
Libre de Bruxelles et l'Université d'Aix-Marseille

- ▶ L'examen aura lieu durant le CPLF à Marseille, le vendredi 25 janvier 2018 après-midi (lieu et heure à confirmer)
- ▶ Condition : être inscrit et avoir assisté au cours du GOLF qui précède le CPLF
- ▶ L'inscription à l'examen se fait auprès de Madame Caroline Gustin : [secret.sculier@bordet.be](mailto:secret.sculier@bordet.be) avec la preuve de participation au cours du GOLF 2017
- ▶ Frais d'inscription : 50 € à payer avant le 15/12/2018
  - Soit par Virement bancaire à l'ELCWP : compte IBAN : BE62 3100 7281 5461 - Swift/Bic : BBRUBEBB - Banque ING, rue d'Arlon 26 à 1050 Bruxelles avec votre nom en communication + examen
  - soit par Visa card/Eurocard (Carte bleue) n°
    - ▶ \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
    - Date d'expiration...../.....
    - Nom du titulaire :.....
    - Signature :
- ▶ Date limite d'inscription : 15 décembre 2018 - **Aucun chèque ne sera accepté**