



Ré-irradiation: Le point de vue du physicien

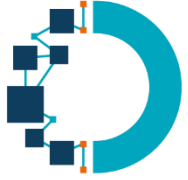
Mardi 08 novembre 2022

Laura BAILLY

CHU Bordeaux

RADIOTHÉRAPIE - QUOI DE NEUF ?

ACTUALITÉS DES CONGRÈS SFRO ET ASTRO 2022



Liens d'intérêts

RAS



Contexte

- Situation de plus en plus fréquente
 - Augmentation de l'espérance de vie
 - Progrès et innovations dans les traitements systémiques
 - Avancées techniques en Radiothérapie
 - VMAT, Stéréo: grande conformation de la dose et gradients de dose importants
 - IGRT: grande précision dans le repositionnement



Problématiques

- Questions médicales
 - Séquelles irradiation(s) précédente(s)
 - Radiosensibilité tissus sains
 - Autres traitements (chimio, hormono...)
 - Rechute? Nouveau volume?
 - Prise en compte d'un facteur d'oubli?
 - Ou plutôt mémoire tissulaire?
 - Compromis Toxicité VS échec contrôle local
 - Et bien d'autres encore!



Problématiques

- Questions physiques
 - Récupérations des données d'irradiation
 - Pas de données informatiques disponibles
 - Données DICOM (CT, RTdose, RTsrtuct)
 - Compte-rendu de fin de traitement (dose totale et **nombre de fractions**, interruptions éventuelles)
 - Différents schémas de fractionnement
 - Conversion doses physiques en doses biologiques → Modèle EQD2? BED?
 - Quel α/β et pour quels tissus?
 - Voxel par voxel ou un facteur unique pour toute la cartographie?
 - Facteur d'oubli?



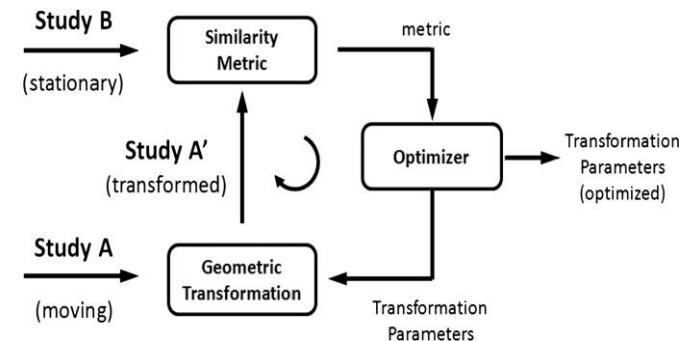
Problématiques

- Questions physiques
 - Sommation des dosimétries
 - Recalage d'images → Rigide? Déformable?
 - Σ des Dmax dans le volume total? → Conservateur +++
 - Σ des Dmax dans des sous-volumes d'OARs, secteur par secteur?
- Outils permettant
 - Lecture données DICOM
 - Intégrations modèles radiobiologiques
 - Recalage d'image (rigide ou déformable)



Recalage d'images

- Définition AAPM 132: c'est le processus de détermination de la transformation géométrique qui relie des points identiques (anatomiques) dans deux séries d'images :
 - un jeu de données mobile (étude A): recalée ou déformée
 - un jeu de données source fixe (étude B): référence, stationnaire
- Algorithmes de recalage basés sur les métriques de similarités
 - Processus itératif
 - 1- Transformation géométrique
 - 2- Métrique de recalage
 - 3- Optimiseur
 - 4- Rééchantillonnage de l'image

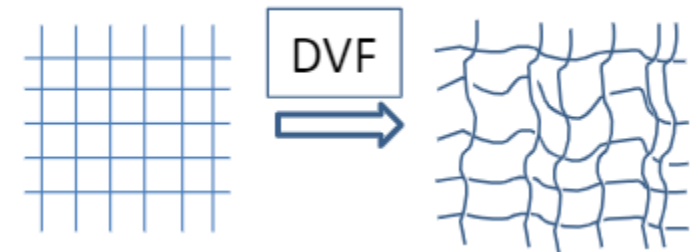
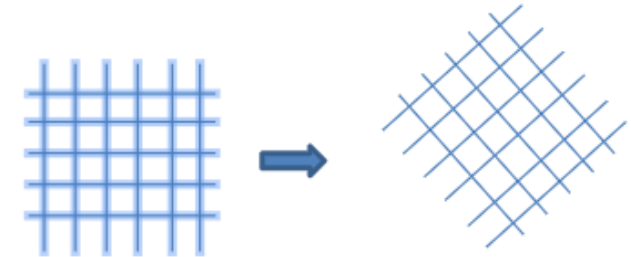


Utilisation d'algorithmes et de techniques de recalage d'images et de fusion en radiothérapie : rapport du groupe de travail n° 132 du comité de radiothérapie de l'AAPM, Brock, 2017



Recalage d'images

- 2 Modèles de transformation
 - Recalage rigide
 - Transformation géométrique simple
 - 6 degrés de liberté:
 - 3 directions en Translations
 - 3 directions en Rotations
 - Bonne solution dans les cas simples:
 - Peu de déformations
 - Zone rigide
 - Recalage déformable
 - Transformation variable spatialement
 - Vecteur déplacement attribué à chaque voxel de la série → Champ vecteur de déplacement (*Displacement Vector Field*)



Utilisation d'algorithmes et de techniques de recalage d'images et de fusion en radiothérapie : rapport du groupe de travail n° 132 du comité de radiothérapie de l'AAPM, Brock, 2017



Recalage d'images

- Limitations / Source d'erreur



- Données d'entrée
- Artefacts (matériel, mouvement, distorsion,...)
- Manque de contraste
- Changement anatomique majeur (perte de poids, réponse aux traitements,...)
- Algorithme



Validation des logiciels de recalage: Brock 2017, Paganelli 2018



Recalage d'images

- Evaluation du recalage

TABLE III. Quantitative metrics to evaluate image registration.

Technique	Evaluation metric	Tolerance
Opérateur-dépendant ou automatique	Target registration error (TRE)	Point-based accuracy metric using implanted or naturally occurring landmarks visualized on a pair of images
	Mean distance to agreement (MDA)	Mean surface distance between 2 contours on registered images
	Dice similarity coefficient (DSC)	Volumetric overlap of 2 contours on registered images
Automatique	Jacobian determinant	Volume expansion or contraction resulting from a deformable image registration
	Consistency	Independence of an algorithm to the direction of the registration (image A to image B or image B to image A)

^aDSC calculations are dependent on the volume of the structure, therefore very large or very small structures may have different expected DSC values for contour uncertainty.

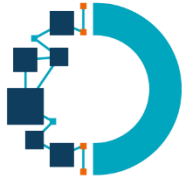
AAPM, Brock, 2017



Recalage d'images

- Évaluation clinique qualitative visuelle au moyen d'outils intégrés aux logiciels:
 - Mode divisé et damier
 - Vue fondue des séries recalées
 - Recalage des structures contourées
 - Curseur synchronisé en vue côte à côte
 - Soustraction d'images (en mono-modalité)
- Repères anatomiques par région

Site	Anatomical landmark match
Brain	Orbits, optic nerves, brainstem, ventricles, Sella Turcica, nose, external auditory canal (may be useful for minimizing rotation/roll), and Clivus (for minimizing rotation/yaw errors) sagittal suture
Head and neck	If anterior facial tumor, fuse by maxilla, brainstem and orbits, and nose
Neck	Cervical spine (one vertebral body above and below treatment site)
Chest	T-spine or L-spine near the area
Chest wall	Adjust T-spine in the area of treatment, then adjust to the closest ribs or by sternum
Abdomen	Liver, spleen, and/or kidney boundary Axial alignment of the abdominal aorta
Hand	Metacarpals or phalanges
Wrist	Carpal bones
Long bones	Fuse joint to joint. If only one joint available, start there. Femoral head or humeral head depending on tumor location.
Pelvis	Symphysis pubis, sacroiliac joint, sacrum, iliac crest, femoral head (may be useful for minimizing rotation/roll)
Foot	Prostate cancer: prostate, penile bulb Calcaneus and Tarsals or Metatarsals only if foot is flexed



Cumul de doses

- Sommation de deux ou plusieurs distributions de dose:
 - ramenées dans le référentiel de la série de référence, à partir de la transformation produite par le recalage d'image → recalage ou déformation de la dose
 - Réassignation de la dose issue de la série secondaire au voxel correspondant dans la série de référence → Dose mapping
 - Cumul voxel par voxel
 - Problématique: déformation de la grille

Chetty, Semin Rad Onc 2019

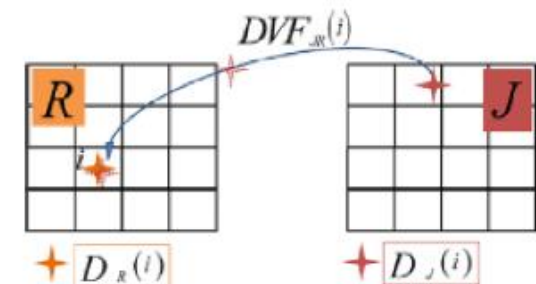


Figure 1 2D illustration of the dose accumulation. Location i in the reference dataset R receives a dose $D_R(i)$ from its homologous point in dataset, J in addition to the dose $D_R(i)$. $DVF_{R}(i)$ describes the location where the point i from R is mapped onto J .



Cumul de doses

- Sommation de traitements avec des schémas de fractionnement différents:
 - EQD2, BED, Dose physique?
 - Prise en compte d'un facteur d'oubli? *Lavey RS et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1994 / Abusaris H et al. Radiother Oncol 2011 VS Mémoire tissulaire/Tox tardives Willey et al. Curedi / Lent Springer 2008*
 - Outils disponibles, selon logiciels:
 - Utilisation des formules liées au modèle LQ (EQD2 ou BED essentiellement) pour une conversion voxel par voxel
 - Application « manuelle » d'un facteur unique, déterminé par l'utilisateur, à l'ensemble de la cartographie



En pratique clinique

- Beaucoup de questions se posent
 - Quelles doses aux volumes cibles, aux OARs? Références robustes?
 - Quel type de recalage?
- Pas de vérité absolue!
 - Discussion Médecins/Physiciens
 - Au cas par cas
 - Validation collégiale lors de staff (hebdomadaire??)



LE BON SENS



En pratique clinique

- Développer des procédures internes pour les ré-irradiations
 - Le reporting → Dans dossier informatisé du patient
 - Type de recalage utilisé, zone de recalage
 - Difficultés éventuelles de recalage, compromis faits
 - Hypothèses faites (α/β , récupération,...)
 - Doses de tolérances acceptées en conditions de ré-irradiation, avec références existantes sur lesquelles s'appuyer

Paradis et al. The Special Medical Physics Consult Process for Reirradiation Patients, Semin Radiat Oncol 2020



SYNTHESE

- Prise en charge complexe → Etroite collaboration Médecin / Physicien
- Validation des outils recalage d'image et de la dose indispensable et complexe, littérature très riche, sociétés savantes très impliquées
- Double contrôle possible
 - Double vérification « manuelle »
 - Relevé des Dmax ponctuelles
- **Dossier validé collégialement en staff ré-irradiation?**

