

Copie Interdite

**MÉDECINE NUCLÉAIRE
&
RADIOTHÉRAPIE EXTERNE**

AVANCÉES TECHNIQUES

L.FERRER
SERVICE DE PHYSIQUE MÉDICAL
ICO RENE GAUDUCHEAU, ST HERBLAIN,
CRCNA, NANTES

Copie Interdite

Copie Interdite

Dessines moi un contour ...

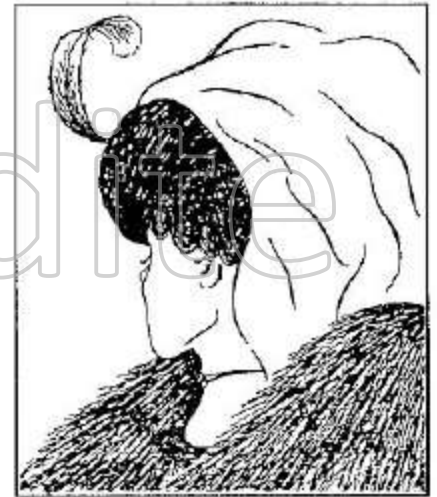


Copie Interdite

Copie Interdite

Radiothérapie externe/interne

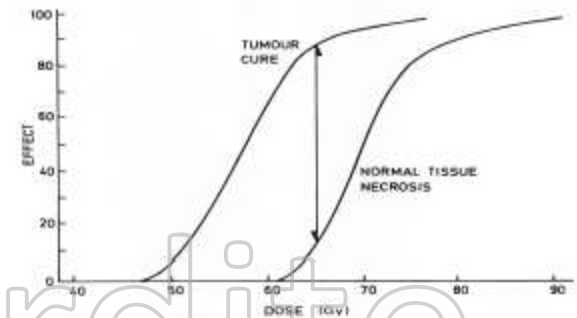
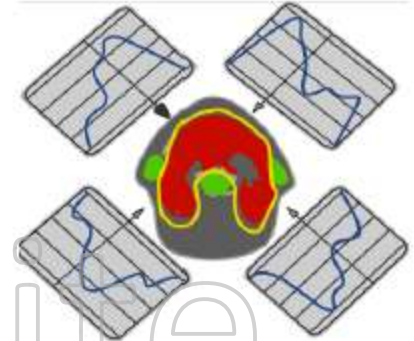
- **Un paradigme commun**
 - Utilisation de rayonnements ionisants
 - Eliminer les cellules cancéreuses
 - Epargner les cellules saines
- **Des approches méthodologiques différentes**



Copie Interdite

Approche méthodologique

- En radiothérapie externe (RTHE)
 - Présence d'une cible identifiée (Volume tumoral)
 - Posologie : Dose absorbée ($\text{Gy} = \text{Joules/kg}$)
 - Optimisation de la balistique d'irradiation
 - Zones tumorales = Dose importante
 - Organes à risque = Dose minimale



Copie Interdite

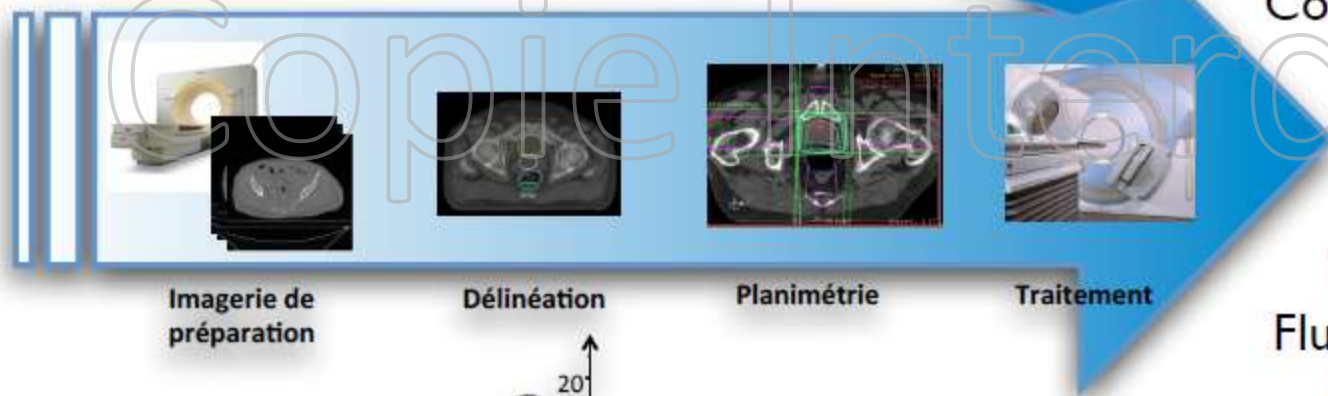
RTHÉ du début du XXIe

Copie Interdite

Copie Interdite

La RTHE fin du XXe

Acquisitions pour le positionnement (films, EPID)



Imagerie de préparation

Délinéation

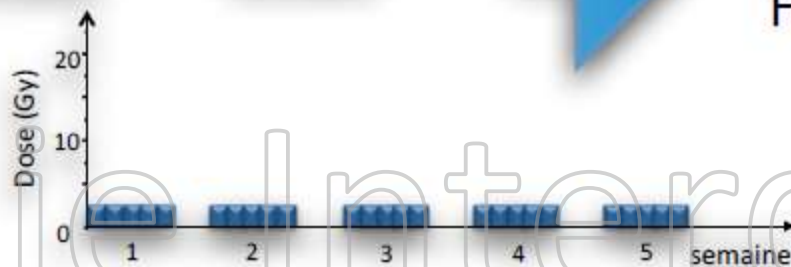
Planimétrie

Traitement

Collimateurs multi-lames

Lames fixes &
Fluence homogène
par incidence

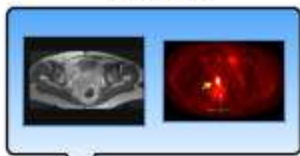
RC3D



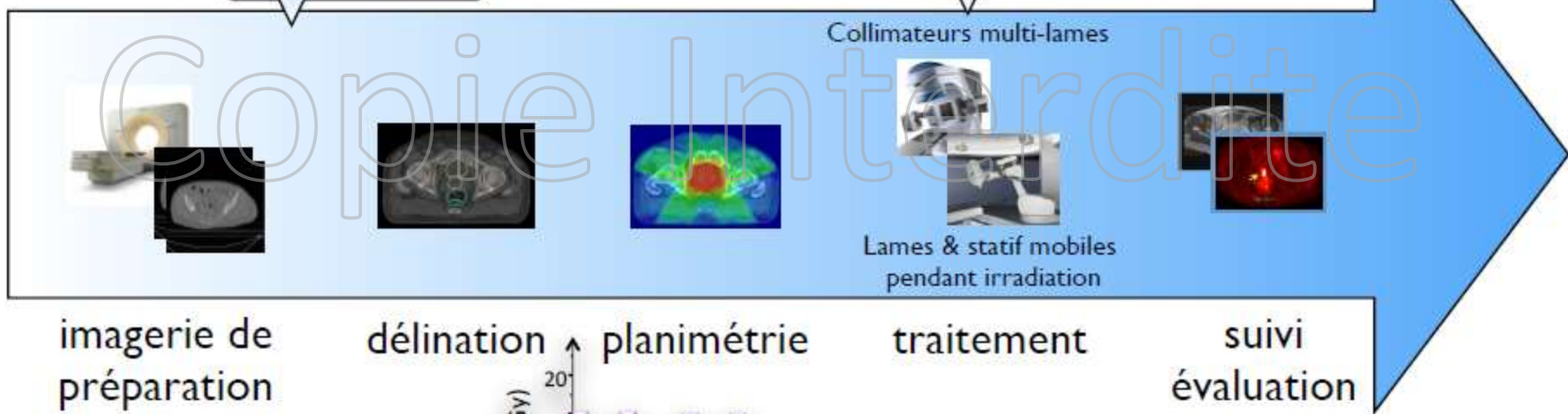
Copie Interdite

La RTHE du XXIe

Autres modalités d'imagerie
(TEP, IRM)



Acquisitions pour IGRT
(MV, KV, CBCT, ...)



IMRT, SBRT



Copie Interdite



Linac



cyberknife



Tomotherapy

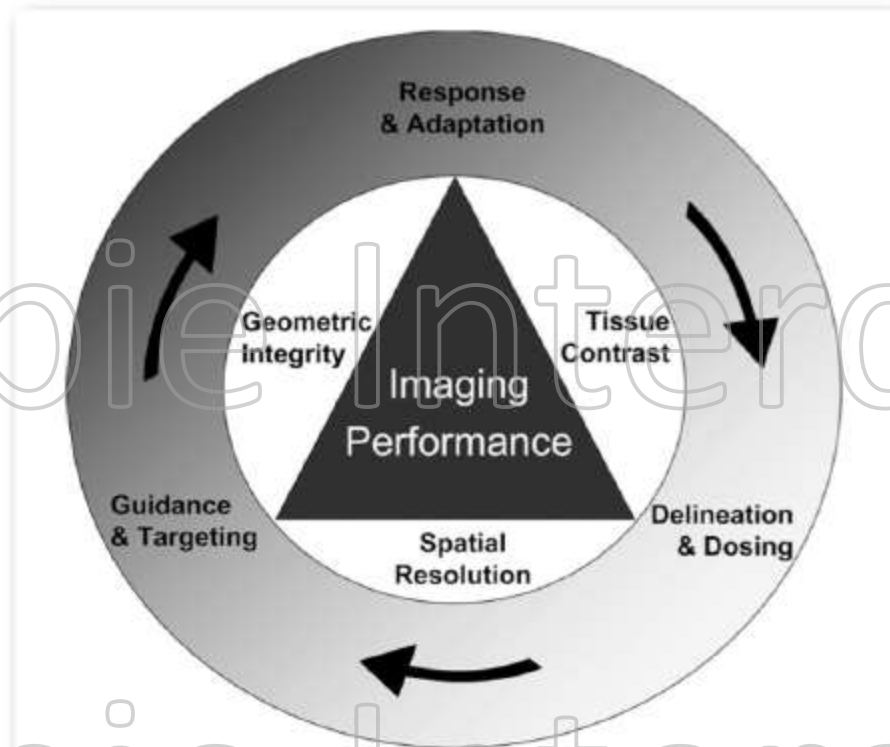
Défi de la radiothérapie du XXI^e

- Intégrer à la définition des VC & à la prescription la complexité anatomique et biologique de la tumeur
- Extension / "Stadification" *[Fletcher et al. JNM 2008]*
- Caractérisation des tumeurs / Pronostic *[Wagner et al. JNM 1995]*
- Délinéation de la tumeur *[Nestlé et al. PMB 2009]*
- Définition des hétérogénéités intra-tumorales (dose painting) *[Ling et al. IJROBP 2000]*

Défi de la radiothérapie du XXI^e

- Intégrer/prévoir les mouvements & évolutions des VC et adapter la prescription
 - Adaptation des VC aux mouvements physiologiques *[Giraud et al. Cancer Rad. 2006]*
 - (au cours d'une séance)
 - Adaptation des VC en fonction de la réponse au traitement *[Ford et al. JNM 2009]*
 - (au cours d'une séance, sur l'ensemble du traitement)
 - Évaluation des modifications biologiques de la tumeur *[Wahl et al. JNM 2009]*
 - (Suivi traitement, Évaluation de la réponse)

Défi de la radiothérapie du XXIe



**Imagerie au
cœur de la
radiothérapie
du XXIe**

[Dawson et al. *Oncologist* 2010]

adapté de G. Bonniaud
JS SFPM 2011

Place de l'imagerie MN ?

Copie Interdite

Copie **RTHE et MN**
Au début du XXIe

Copie Interdite

Copie Interdite

Radiotherapy and Oncology 96 (2010) 317–324

Contents lists available at ScienceDirect

Radiotherapy and Oncology

journal homepage: www.thegreenjournal.com



ELSEVIER



Review

Physical radiotherapy treatment planning based on functional PET/CT data

Daniela Thorwarth^{a,*}, Xavier Geets^b, Marta Paiusco^c

^a Section for Biomedical Physics, University Hospital for Radiation Oncology, Tübingen, Germany; ^b Department of Radiation Oncology, St-Luc University Hospital, Brussels, Belgium;

^c Medical Physics Department, Arcispedale Santa Maria Nuova, Reggio Emilia, Italy

Acta Oncologica, 2010; 49: 997–1011

REVIEW ARTICLE

Imaging of normal lung, liver and parotid gland function for radiotherapy

MIKE PARTRIDGE¹, TOKIHIRO YAMAMOTO², CAI GRAU³, MORTEN HØYER³
& LUDVIG PAUL MUREN³

informa
healthcare

Copie Interdite



Institut de
Cancérologie
de l'Ouest

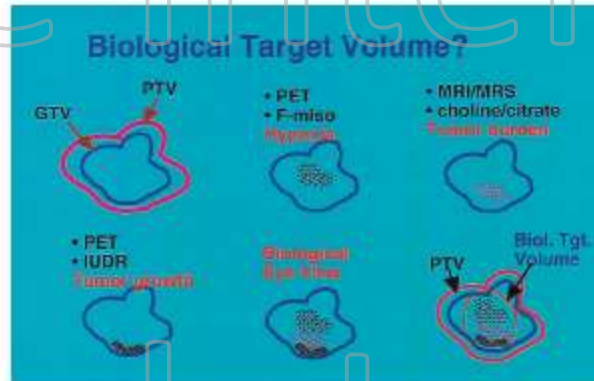
René Gauducheau

Copie Interdite

Peinture de dose



par contours



BTV



par numéros

Copie Interdite

Copie Interdite

Peinture de doses



par contours

Dose homogène au sein des sous-volumes

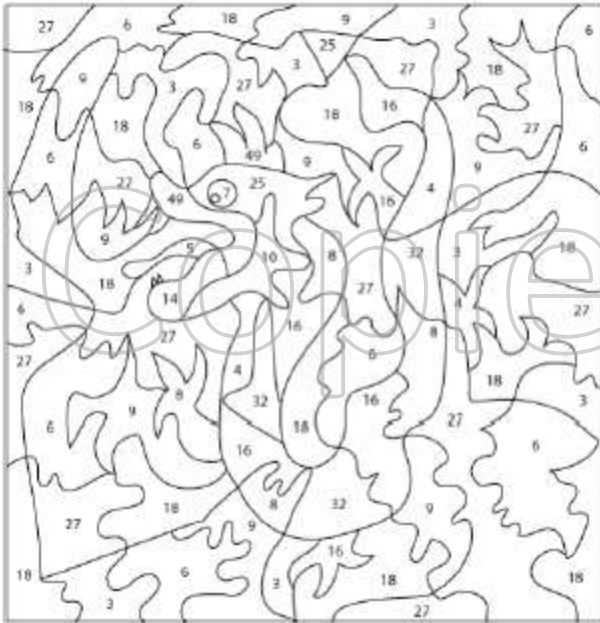
La dose au BTV dépend du maximum de ce que peut tolérer l'OAR le plus proche

1,2 à 1,5 x dose habituelle

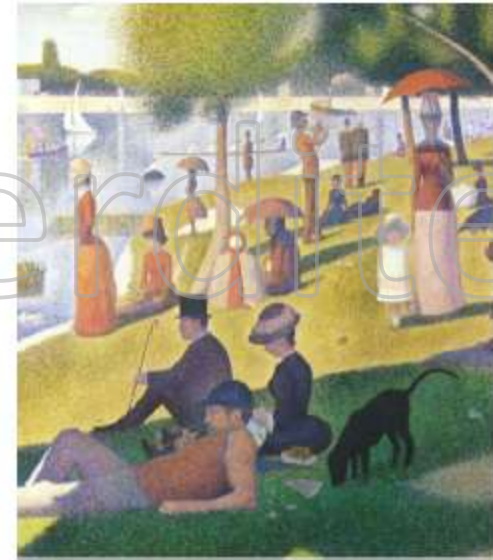
Miralbell R, Mollà M, Rouzaud M, Hidalgo A, Toscas JJ, Lozano J, et al. Hypofractionated boost to the dominant tumor region with intensity modulated stereotactic radiotherapy for prostate cancer: a sequential dose escalation pilot study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009

Copie Interdite

Peinture de doses



La dose délivrée sur chaque voxel du BTV en fonction de la dose équivalente biologique désirée



par numéros

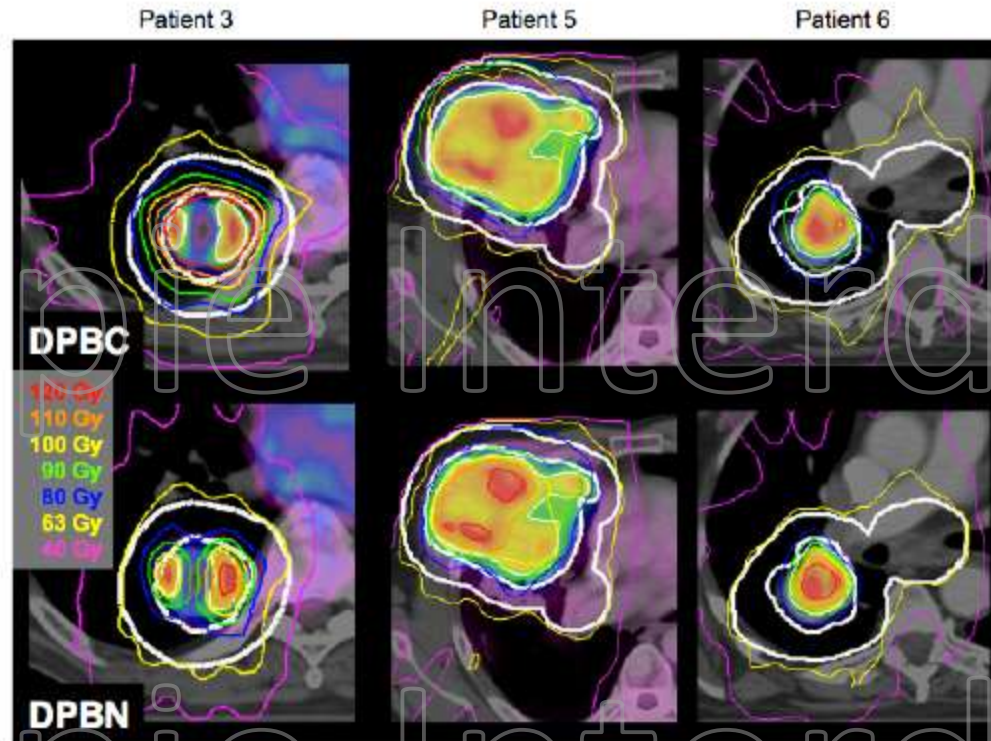
Bentzen SM. Theragnostic imaging for radiation oncology: dose-painting by numbers. Lancet Oncol 2005;



Institut de
Cancérologie
de l'Ouest
René Gauducheau

Copie Interdite

DPBC vs DPBN



Meijer et al. Dose painting by contours versus dose painting by numbers for stage II/III lung cancer: practical implications of using a broad or sharp brush. *Radiother Oncol* 2011;100 (3):396-401

Processus biologiques

Hypoxie

Prolifération

Métabolisme glucidique

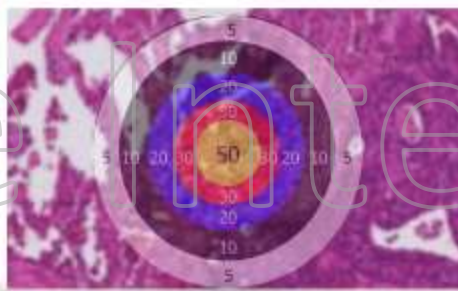
Métabolisme lipidique

Transport des amino-acides

Récepteurs somatostatine

Apoptose

Normo-Fonctionnement



BTV

Détection

Résolution spatiale

Sensibilité

Quantification

4D Recalage d'images

Délinéation

Manuelle

Semi-automatique

Automatique



Contents lists available at ScienceDirect

Radiotherapy and Oncology

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/radonc



Processus biologiques

Review
 PET radiopharmaceuticals in radiation treatment planning – Synthesis and biological characteristics

Roland Haubner*

2010

Peu de produits
 commerciaux
 disponibles

Molecular uptake mechanism	Tracer	Isotope	Organs of highest physiological uptake ^a	Availability
Amino acid transport and protein synthesis	Methionine	C-11	Liver, salivary glands, lachrymal glands, bone marrow, pancreas, bowels, renal cortical, urinary bladder	In-house production/cyclotron
	Fluoroethyltyrosine	F-18	Pancreas, kidneys, liver, heart, brain, colon, muscle	In-house production/cyclotron ^b
	FDOPA	F-18	Pancreas, liver, duodenum, kidneys, gallbladder, biliary duct	Commercially available
Glucose metabolism	FDG	F-18	Brain, myocardium, breast, liver, spleen, stomach, intestine, kidney, urinary bladder, skeletal muscle, lymphatic tissue, bone marrow, salivary glands, thymus, uterus, ovaries, testicle, brown fat	Commercially available
Proliferation	FLT	F-18	Bone marrow, intestine, kidneys, urinary bladder, liver	In-house production/cyclotron ^b
Hypoxia	FMISO	F-18	Liver, urinary excretion	In-house production/cyclotron ^b
	FAZA	F-18	Kidneys, gallbladder, liver, colon	In-house production/cyclotron
	Cu-ATSM	Cu-64	Liver, kidneys, spleen, gallbladder ^f	In-house production/cyclotron ^b
Lipid metabolism	Choline	C-11	Liver, pancreas, spleen, salivary glands, lachrymal glands, renal excretion, bone marrow, intestine	In-house production/cyclotron
	Fluoroethylcholine	F-18	Liver, kidneys, salivary glands, urinary bladder, bone marrow, spleen	In-house production/cyclotron ^b
	Acetate	C-11	Gastrointestinal tract, prostate, bone marrow, kidneys, liver, spleen, pancreas	In-house production/cyclotron
Angiogenesis/integrin binding	Galacto-RGD	F-18	Bladder, kidneys, spleen, liver	In-house production/cyclotron
	AMI 11585	F-18	Bladder, liver, intestine, kidneys	In-house production/cyclotron
SSTR binding	DOTATOC	Ga-68	Pituitary and adrenal glands, pancreas, spleen, urinary bladder, liver, thyroid	In-house production/generator
	DOTATATE	Ga-68	Spleen, urinary bladder, liver	In-house production/generator

REVIEW ARTICLE

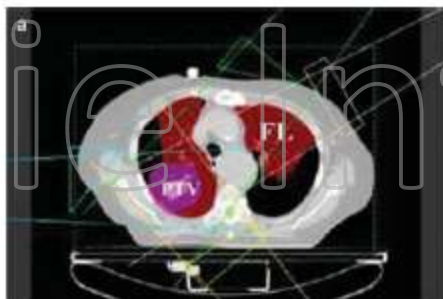
Imaging of normal lung, liver and parotid gland function for radiotherapy

MIKE PARTRIDGE¹, TOKIHIRO YAMAMOTO², CAI GRAU³, MORTEN HØYER³
& LUDVIG PAUL MUREN³

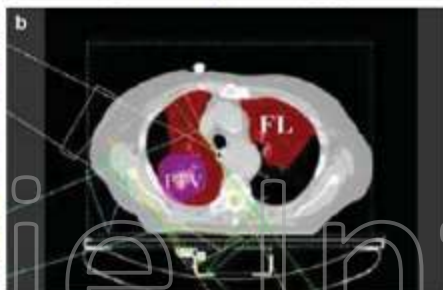
Processus biologiques

Utiliser les régions hypo-perfusées

TEMP ^{99m}Tc-MAA
4D-CT Jacobien

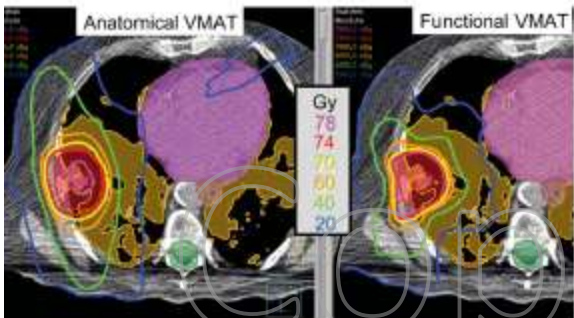
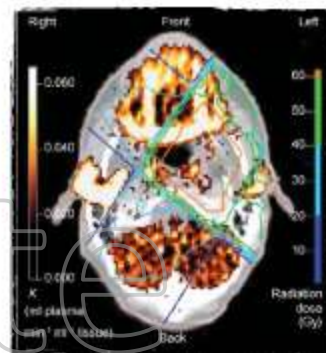


^{99m}Tc-Galacto Serum Albumin
Foie ^{99m}Tc-Mebrofenin



Parotide

¹¹C-Methionine



Copie Interdite

Délinéation

- **Visuel** [Ciernik et al, 2003 / Mah et al, 2002 / Bradley et al, 2004 / ...]
- **Seuil : % SUVmax** [Erdi et al, 1997 / Nestle et al, 2007 / ...], **Fixe** [Paulino et al, 2004 / Nestle et al, 2007 / ...]
- **Semi-Automatique : Croissance de région** [Potesil et al, 2007 / Green et al, 2008 / ...], **partage des eaux** [Tylski et al, 2006 / Geets et al, 2007 / ...]
- **Automatique : mesures probabilistes ou de logique flou** [Aristophanou et al, 2007 / Hatt et al, 2007 / Zaidi et al, 2002...]



Délinéation

Pas de méthodes consensuelles

Variabilité en fonction des radiopharmaceutiques

Méthodes « avancées » en recherche

En pratique

Outils disponibles en routine clinique

Seuillage %SUVmax, fixe

Réunion inter-disciplinaire : Radiothérapeute, médecin nucléaire

Copie Interdite

Détection

REVIEWS

QJYXZ MEDICAL IMAGING 2016/2/28/75

PET/CT for radiotherapy: image acquisition and data processing

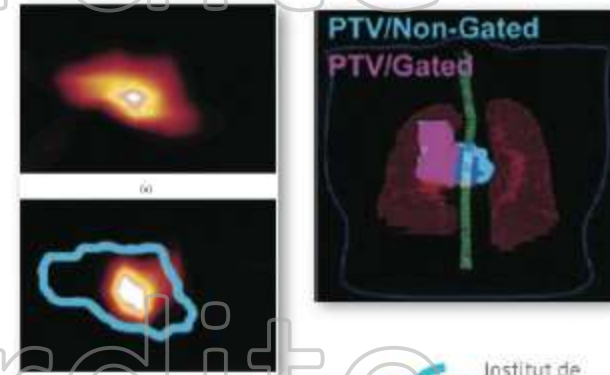
V. BETTINARDI^{1,2}, M. PICCHIO^{1,2}, N. DI MUZIO³, L. GIANOLLI¹, C. MISSA^{4,1,2}, M. C. GILARDI^{1,2,4}

- Acquisition en mode 3D
- Sensibilité élevée (L(Y)SO, GSO)
- RS ~ 4 mm
- Temp de vol
- Mouvements physiologiques
- 4D-PET/CT pro(rétro)spectif
- 4D-Atten

Amélioration du S/B

Quantification plus précise

Meilleure définition des contours



Park et al, 2009

Copie Interdite

Copie **RTHE et MN** Interdite
Aujourd'hui et demain

Copie Interdite

Processus biologiques

Hypoxie

Prolifération

Métabolisme glucidique

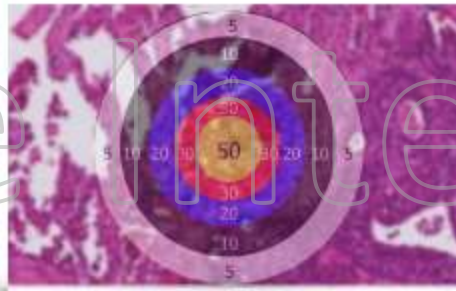
Métabolisme lipidique

Transport des amino-acides

Récepteurs somatostatine

Apoptose

Normo-Fonctionnement



BTV

Détection

Résolution spatiale

Sensibilité

Quantification

4D

Recalage d'images

Délinéation

Manuelle

Semi-automatique

Automatique



Contents lists available at ScienceDirect

Radiotherapy and Oncology

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/radonc



Processus biologiques

Review
PET radiopharmaceuticals in radiation treatment planning – Synthesis and biological characteristics

Roland Haubner*

2015

Nouvelle AMM

ATU

Molecular uptake mechanism	Tracer	Isotope	Organs of highest physiological uptake ^a	Availability
Amino acid transport and protein synthesis	Methionine	C-11	Liver, salivary glands, lachrymal glands, bone marrow, pancreas, bowels, renal cortical, urinary bladder	In-house production/cyclotron
	Fluoroethyltyrosine	F-18	Pancreas, kidneys, liver, heart, brain, colon, muscle	In-house production/cyclotron ^b
	FDOPA	F-18	Pancreas, liver, duodenum, kidneys, gallbladder, biliary duct	Commercially available
Glucose metabolism	FDG	F-18	Brain, myocardium, breast, liver, spleen, stomach, intestine, kidney, urinary bladder, skeletal muscle, lymphatic tissue, bone marrow, salivary glands, thymus, uterus, ovaries, testicle, brown fat	Commercially available
Proliferation	FLT	F-18	Bone marrow, intestine, kidneys, urinary bladder, liver	In-house production/cyclotron ^b
Hypoxia	FMISO	F-18	Liver, urinary excretion	In-house production/cyclotron ^b
	FAZA	F-18	Kidneys, gallbladder, liver, colon	In-house production/cyclotron
	Cu-ATSM	Cu-64	Liver, kidneys, spleen, gallbladder ^c	In-house production/cyclotron ^b
Lipid metabolism	Choline	C-11	Liver, pancreas, spleen, salivary glands, lachrymal glands, renal excretion, bone marrow, intestine	In-house production/cyclotron
	Fluoroethylcholine	F-18	Liver, kidneys, salivary glands, urinary bladder, bone marrow, spleen	In-house production/cyclotron ^b
	Acetate	C-11	Gastrointestinal tract, prostate, bone marrow, kidneys, liver, spleen, pancreas	In-house production/cyclotron
Angiogenesis/integrin binding	Galacto-RGD	F-18	Bladder, kidneys, spleen, liver	In-house production/cyclotron
	AHI 11585	F-18	Bladder, liver, intestine, kidneys	In-house production/cyclotron
SSTR binding	DOTATOC	Ga-68	Pituitary and adrenal glands, pancreas, spleen, urinary bladder, liver, thyroid	In-house production/generator
	DOTANOC	Ga-68	Spleen, urinary bladder, liver	In-house production/generator



Délinéation

Nouvelles méthodes : Lelandais et al, 2014, ...

Comparaison histologique :

K Poumons [Wanet et al 2011] & **Sein** [Hapdey et al 2014]

Meilleure méthode parmi celles testées

Partage des eaux

50% SUVmax

Influence of experience and qualification on PET-based target volume delineation

When there is no expert – ask your colleague

Original article

Strahlenther Onkol 2014 · 190:555–562
DOI 10.1007/s00066-014-0644-y
Received: 12 September 2013

C. Doll¹ · V. Duncker-Rohr^{1,2} · G. Rücker³ · M. Mix⁴ · M. MacManus⁵ · D. De Ruyscher⁶ · W. Vogel⁷ · J. G. Eriksen⁸ · W. Oyen⁹ · A.-L. Grosu¹ · W. Weber^{4,10} · U. Nestle¹

¹ Institut de Cancérologie de l'Ouest, René Gasdochesu

Copie Interdite

Délinéation



Nouvelles méthodes : Lelandais et al, 2014, ...

Comparaison histologique :

K Poumons [Wanet et al 2011] & **Sein** [Hapdey et al 2014]

Meilleure méthode parmi celles testées

Partage des eaux

50% SUVmax

Influence of experience and qualification on PET-based target volume delineation

When there is no expert — ask your colleague

Original article

Strahlenther Onkol 2014 · 190:555–562
DOI 10.1007/s00066-014-0644-y
Received: 12 September 2013

C. Doll¹ · V. Duncker-Rohr^{1,2} · G. Rücker³ · M. Mix⁴ · M. MacManus⁵ · D. De Ruyscher⁶ · W. Vogel⁷ · J. G. Eriksen⁸ · W. Oyen⁹ · A.-L. Grosu¹ · W. Weber^{4,10} · U. Nestle¹

3 Exp, 9 Exp.Pairs(RO+MN) 13 SglFldSp, 10 Stdt
Contourages manuels + 5 semi-automatiques



Institut de
Cancérologie
de l'Ouest
René Gauducheau

Copie Interdite

Copie Interdite

Délinéation



Nouvelles méthodes : Lelandais et al, 2014, ...

Comparaison histologique :

K Poumons [Wanet et al 2011] & **Sein** [Hapdey et al 2014]

Meilleure méthode parmi celles testées

Partage des eaux

50% SUVmax

Influence of experience and qualification on PET-based target volume delineation

When there is no expert → ask your colleague

Original article

Strahlenther Onkol 2014 · 190:555–562
DOI 10.1007/s00066-014-0644-y
Received: 12 September 2013

3 Exp, 9 Ex
Contoura

Conclusion. The results suggest that interdisciplinary cooperation could be beneficial for consistent contouring. Joint delineation by a radiation oncologist and a nuclear medicine physician showed remarkable agreement and better concordance with the experts compared to other specialists. The relevant intermethod variability of the automatic algorithms underlines the need for further standardization and optimization in this field.

Manus⁵ · D. De Ruyscher⁶ ·
U. Nestle¹

FldSp, I0 Std

Automatiques

Institut de
Cancérologie
de l'Ouest



René Gauducheau

Copie Interdite

Copie Interdite

Détection



TEP/IRM



Copie Interdite



session ACOMEN
vendredi 28/5 14h

Copie Interdite

Copie Interdite

Le futur de la radiothérapie : BiART ?

Image-guided radiotherapy: from current concept to future perspectives

David A. Jaffray

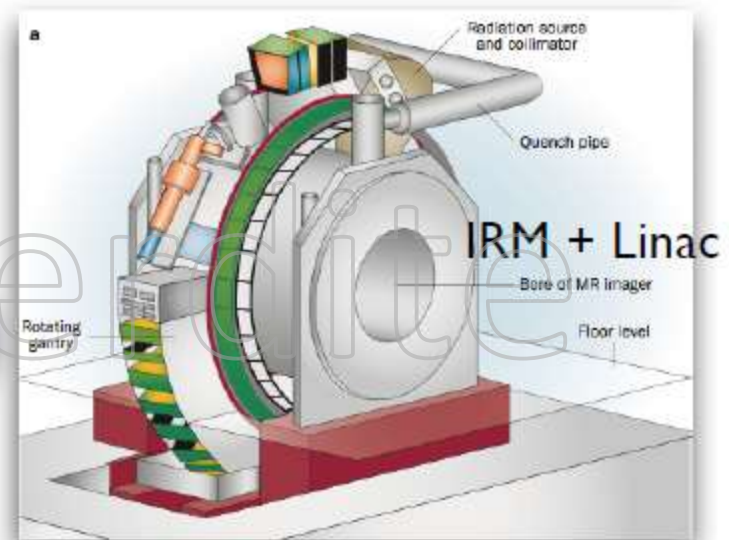
Nat. Rev Clin. Onc. 2012

Abstract | Radiotherapy is a highly effective, targeted therapy for the management of cancer. Technological

Meilleur contraste tissulaire anatomique

Suivi temp réel de la tumeur (en cours de séance ou traitement)

Imagerie fonctionnelle



Défis majeurs :

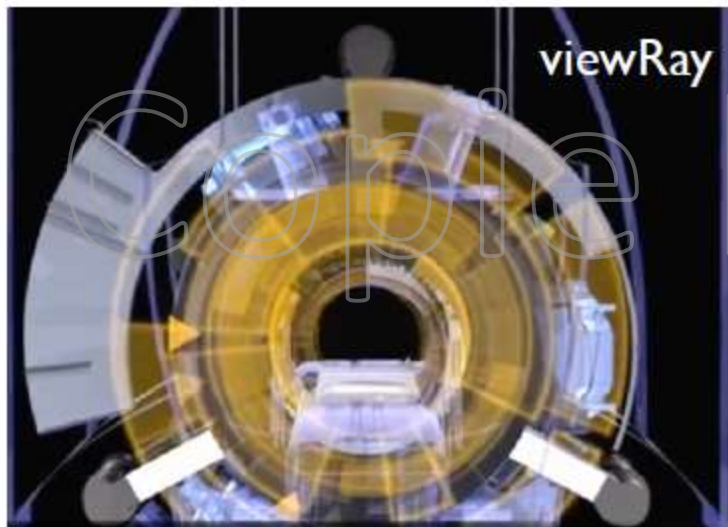
Interférence du champ magnétique & bobines de déviations

Cascade électromagnétique dans le patient

Positionnement des antennes,

Le futur de la radiothérapie : Fiction ?

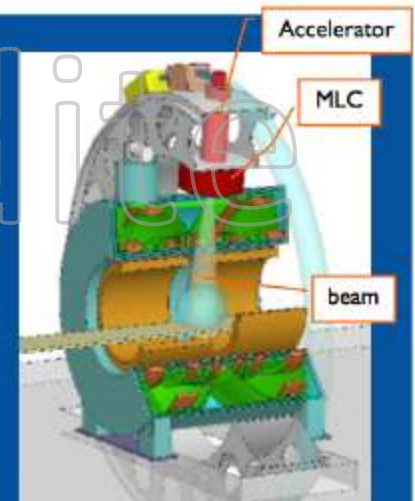
Des solutions commerciales en développement



3 Sources de ^{60}Co
Imagerie IRM temp réel

Concept of integrated MR/Linac system

- Cylindrical 1.5T closed-bore MRI
- Linac in z=0 plane outside magnet
- MR parts transparent to beam
- Field-sensitive Linac components to be located in low-field zone
- Proper RF shield between Linac and MR system



Copie Interdite

Conclusion

- Les avancées techniques en MN et RTHE permettent d'envisager une meilleure prise en charge thérapeutique
- MAIS, quelques problèmes en limitent la généralisation
 - Pas de consensus sur la définition des VC
 - Pas de méthodes sexy disponibles sur les stations de travail commerciales
 - Utilisation des seuillages % SUVmax, Fixe
 - Disponibilité des radiopharmaceutiques (AMM)
 - En France, pas de remboursement des examens MN à visée RTHE