

Ablation stéréotaxique *Stereotactic body radiation therapy* (*SBRT*)

Pr Estelle GANDJBAKHCH

Institut de Cardiologie
CHU Pitié Salpêtrière
Paris

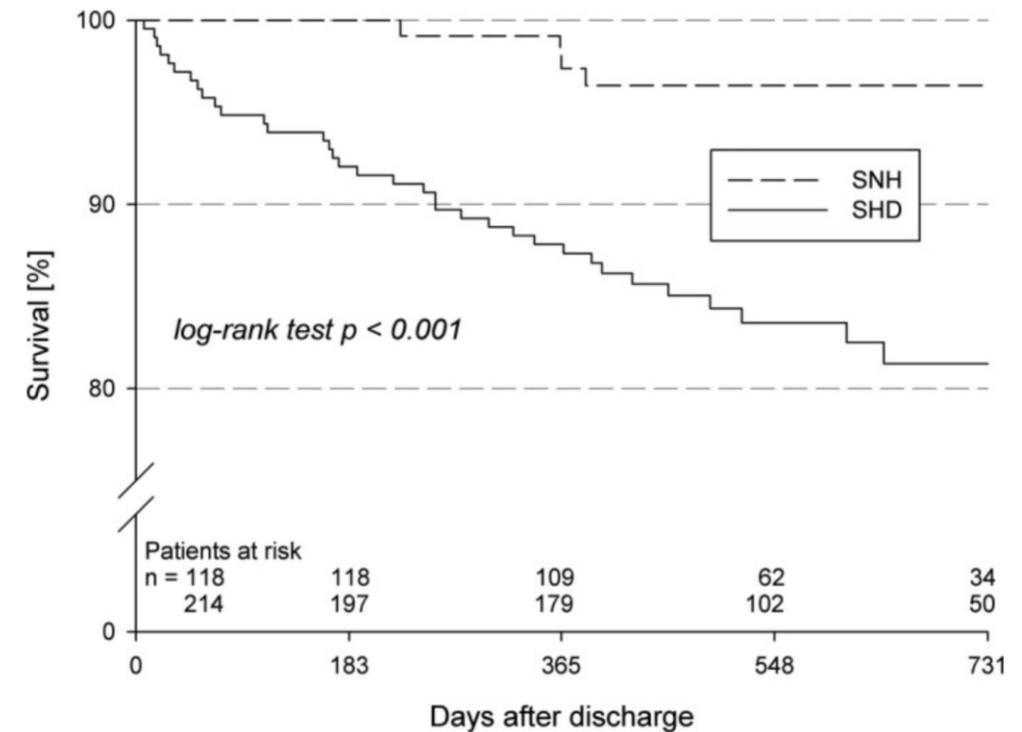


Limites de l'ablation



- Substrat **profond** ou **inaccessible**
- **Absence d'accès** ou contre-indication à l'accès endocardique: double prothèses mécaniques, thrombus VG
- **Contre-indication à une ablation épicardique**
- TV épicardique **sans accès péricardique**

German VT registry



Ablation stéréotaxique



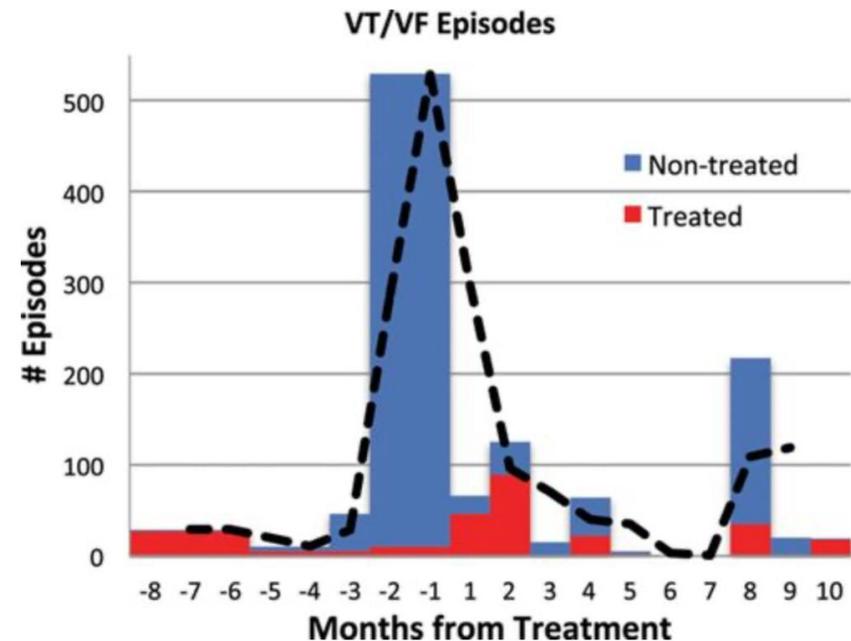
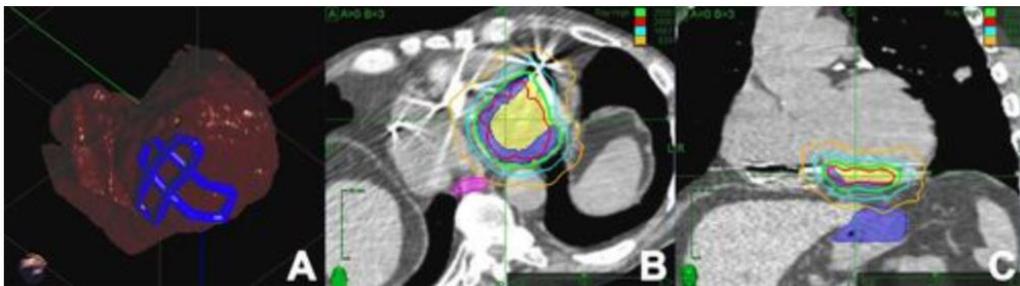
- Développée en oncologie dans les années 90
- 2010: cas animaux (9 cygnes) (Sharma *et al.* Heart Rhythm 2010)
 - Dose de 25 grays minimale pour obtenir une lésion
 - Lésions bien circonscrites et transmurales

Target	Dose range (Gy)	Time from treatment to assessment (days)	Effect
Cavotricuspid isthmus (n = 9)	32–80	25–108	Decreased voltage at all doses Bidirectional block seen at 40 Gy and 33 days
Left atrial appendage (n = 2)	32–80	16–33	Decreased voltage at 38 Gy and 33 days
Left pulmonary vein (n = 3)	38–40	89–196	Decreased voltage at pulmonary vein–left atrium junction in all
AV node (n = 2)	40–70	25–108	Third-degree block at 49 days One animal euthanized early (15 days) secondary to pacemaker pocket infection

1^{er} cas humain



- Homme de 71 ans, CPI, BPCO sévère
- Orage rythmique réfractaire sur anévrisme inférieur
- Dose unique 25 Gys



Effets



La radiothérapie utilise de fortes doses de Rayons-X
(25—30 Gy) dirigé sur un volume 3D cible

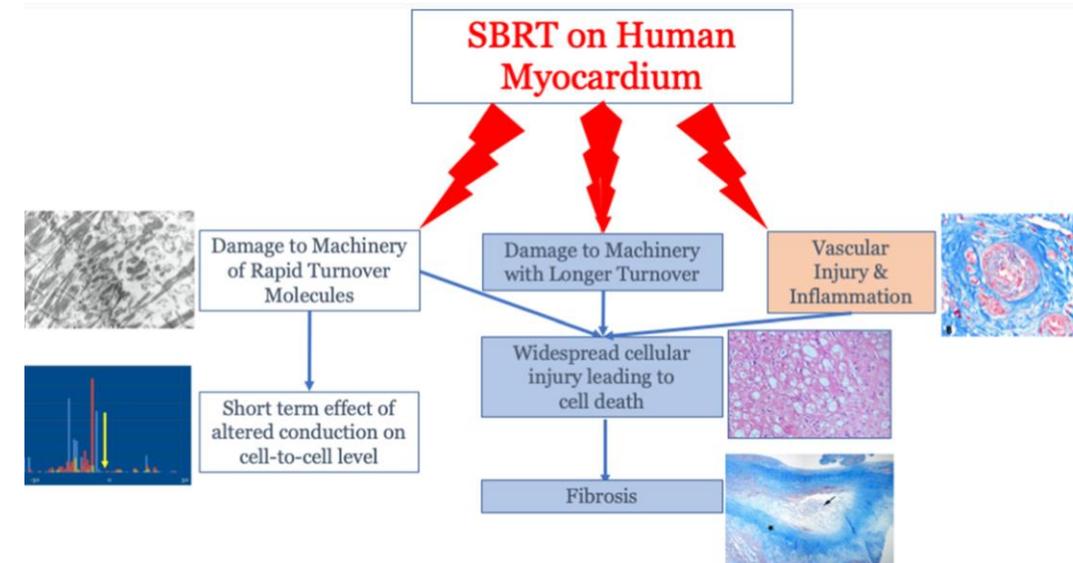


Cassure ADN et production de radicaux libres



**Dommages microvasculaires avec
mort cellulaire d'origine ischémique
Effet moléculaire aigu (jonctions
intercellulaires, canaux ioniques)**

Apoptose

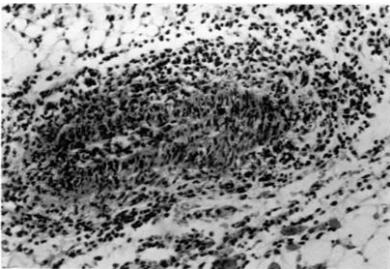




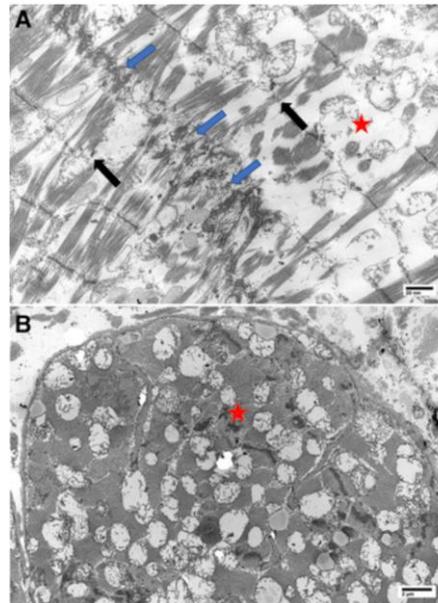
Lésions bien circonscrites

Effets aigus
< 1 semaine

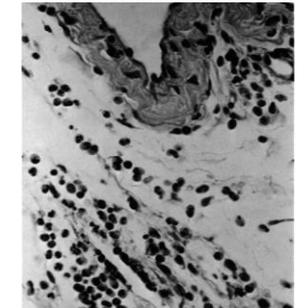
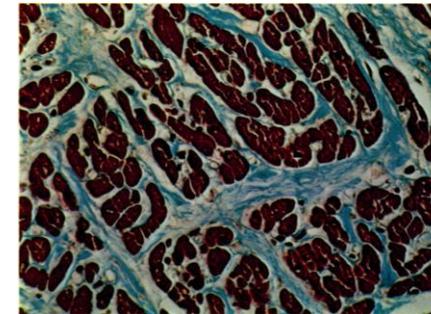
Lésion vasculaire
aigue



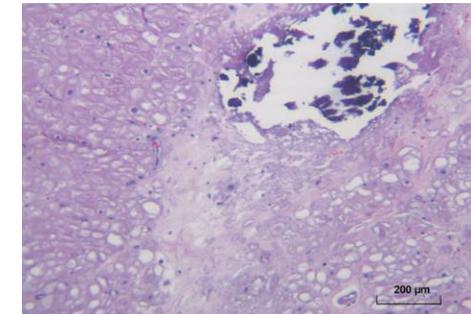
J12



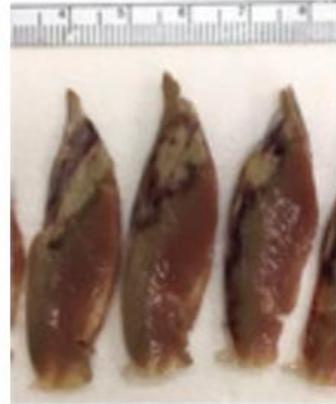
Effets chroniques
Plusieurs jours à plusieurs mois



Inflammation
Œdème et
vacuolisation des
cellules endothéliales
Œdème péri-vasculaire
Fibrose



Lésion disque intercalaire et myofibrilles



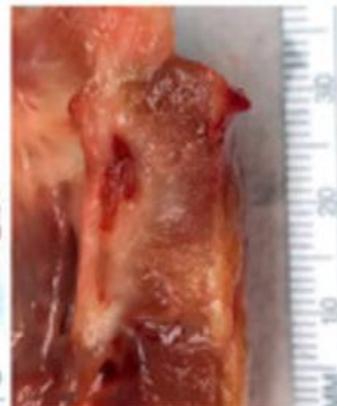
Case 1, 12 days



Case 1, 144 days



Case 2, 250 days



Case 3, 115 days



Case 4, 12 days



1. ECG Imaging (Cardio-Insight™)

exit VT location

2. Imaging (MRI, pet scan)

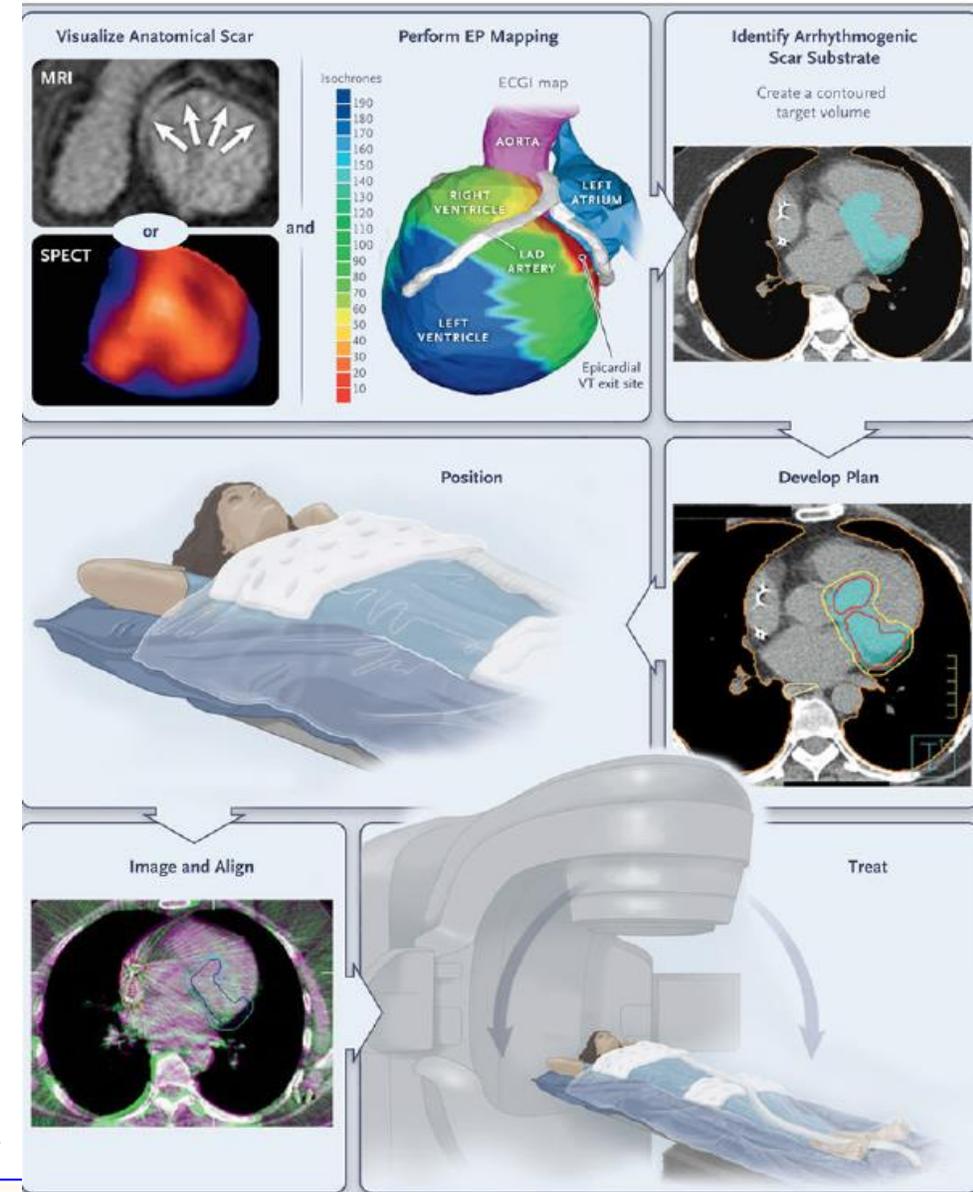
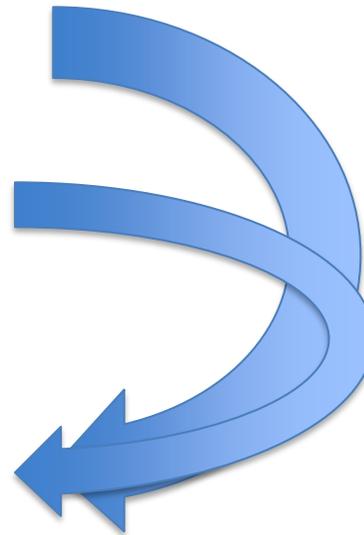
Scar location

target volume creation

3. CT scan correction breath/cardiac motions

corrected target volume

4. 25 Gy LINAC (True Beam™)



1^{ère} série humaine

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE



5 patients

Volume traité 50 cm³

Durée Rx 14 minutes

Base

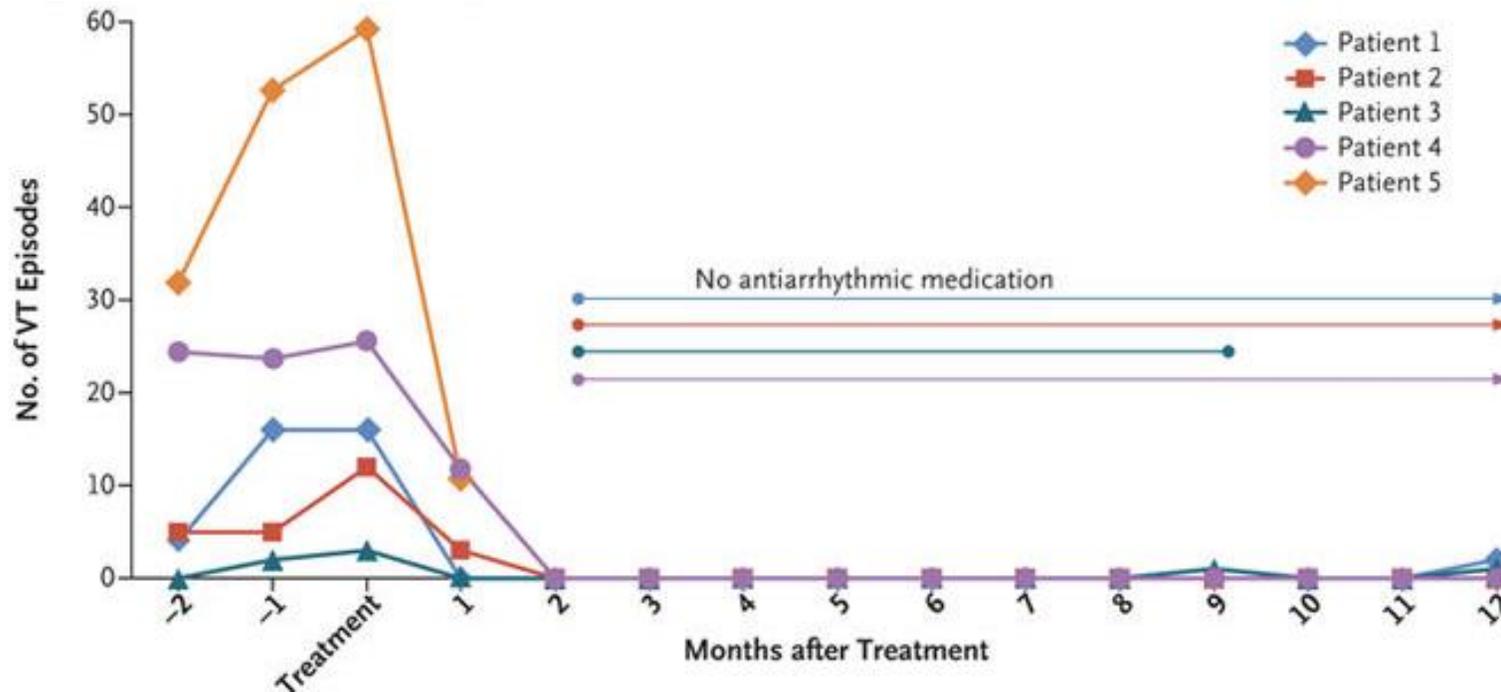
6577 VT

6 weeks blanking (inflammation)

680 VT

46 mois (*mean 12 mois/pt*)

4 VT



No adverse extra cardiac
or cardiac effect



ENCORE-VT study: 19 patients

Safety

22 % Effets secondaires mineurs
fatigue, hypotension, nausée, vertige,
dyspnée

11% **Pneumopathie radio-induite
grade 2**

28% Epanchement/inflammation
péricardique

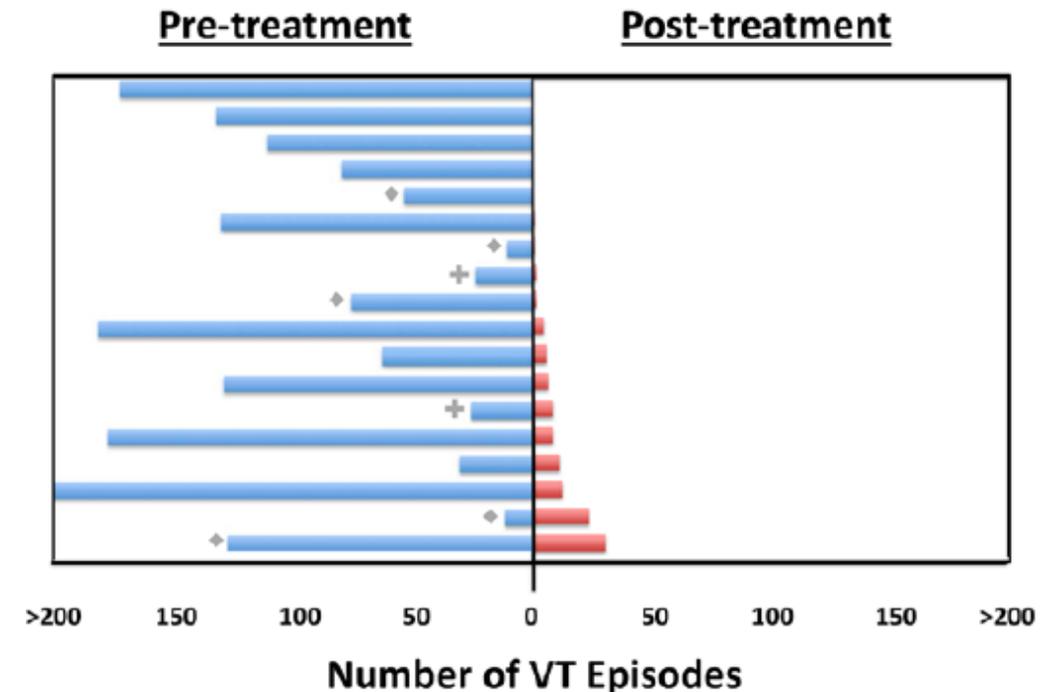
33% Insufisance cardiaque

**1 fistule gastro-péricardique tardive
(2 ans)**

Pas d'ES sur le DAI

Efficacy

- **Charge en TV** : 94% patients ont > 50%
diminution de la charge en TV (médiane 119
before vs 3 after)- Diminution/interruption AA
- **Mortalité** : 28% à 1 an , 3 pts décèdent de TV
Amélioration de la **qualité de vie**



Risque potentiels



Basé sur les données d'irradiation du lymphome de Hodgkin

- Lésion valvulaire
- Maladie coronaire prématurée
- Pathologie du péricarde
- Lésion intra myocardique
- Dysfonction diastolique
- Lésion du nerf phrénique
- Lésion oesophagienne
- Lésion pulmonaire

Coronary arteries : $D_{0.035cc} < 20Gy$
Phrenic nerve : $V_{14Gy} < 3cc$ et $D_{0.035cc} < 17.5Gy$
Mitral Valve : $D_{0.035cc} < 20Gy$
AV Node : $D_{0.035cc} < 12Gy$

Tissu en série	Volume critique max au-dessus du seuil	Dose seuil (Gy)	Dmax (0.035 cc ou moins)
Moelle épinière et medulla	< 0.35 cc	10	14
	< 1.2 cc	8	
Œsophage	< 5 cc	11.9	15.4
Gros vaisseaux	<10 cc	31	37
Trachée, larges bronches	< 4 cc	10.5	20.2
	< 4 cc	17.4	20.2
Petites bronches	< 0.5 cc	12.4	13.3
Estomac	< 10 cc	11.2	12.4
	< 5 cc	17.4	22
Duodenum	< 5 cc	11.2	12.4
	< 10 cc	9	
Jejunum/ileum	< 5 cc	11.9	15.4
Colon	< 20 cc	14.3	18.4
Poumons (D et G)	1500 cc	7	NA
	1000 cc	7.4	
	1000 cc	7.6	V-8Gy<37%
Foie	700 cc	9.1	NA
	700 cc	11	

Stereotactic Arrhythmia Radioablation (STAR) of Ventricular Tachycardia: A Treatment Planning Study 10.7759/cureus.694

Lei Wang¹, Benjamin Fahimian¹, Scott G. Soltys¹, Paul Zei², Anthony Lo¹, Edward A. Gardner³, Patrick J. Maguire⁴, Billy W. Loo Jr.^{1,5}



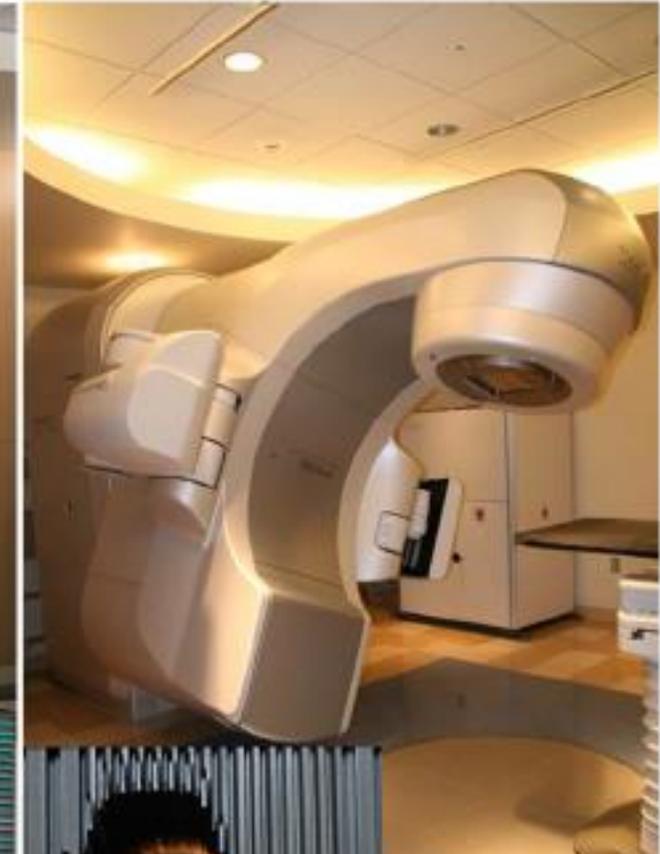
3 différent systèmes LINAC systèmes équivalent avec quelques différences



CyberKnife® G4™



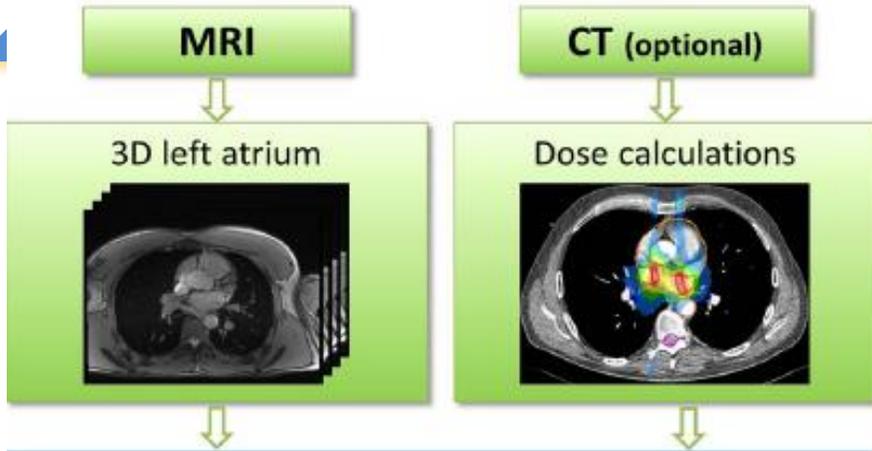
CyberKnife® M6™



Varian TrueBeam™ STx

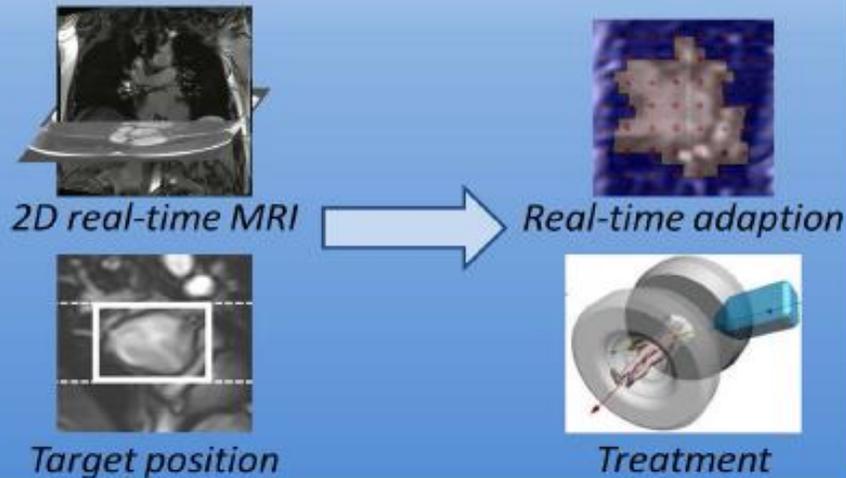


MRI-Linac treatment



MRI-Linac

radiosurgery with MRI tracking:



Estimated treatment time <60 minutes

Real-time cardiac MRI

Mean respiratory target motion

10.2 mm (superior–inferior)
2.4 mm (anterior–posterior)
2 mm (left–right)

Mean cardiac contraction ≤ 3.9 mm
between maximum dilation and
contraction but anisotropic

- **Systemes de tracking:** bouge le faisceau d'irradiation pour suivre une cible mouvante (Cyberknife)
- **Systemes de gating:** suit le cycle respiratoire pour delivrer l'irradiation à un moment specifique du cycle (Truebeam)

workflow

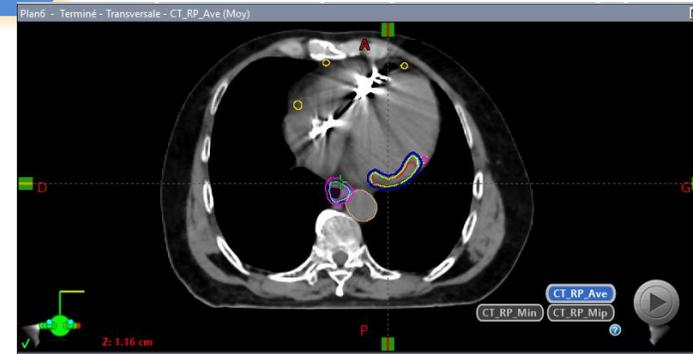


Scanner de repérage dosimétrique

Scanner 4D
À jeun



Intégration de la cible dans le scanner de repérage
Logiciel ECLIPSE



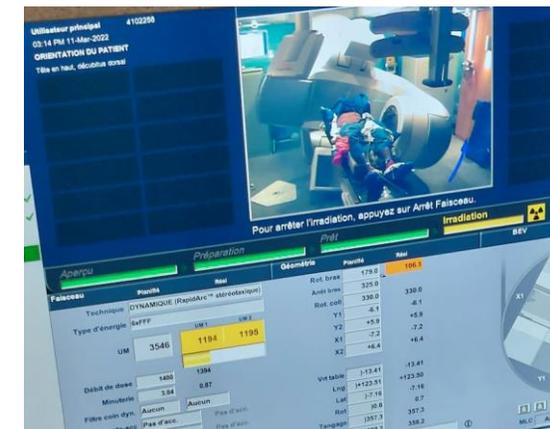
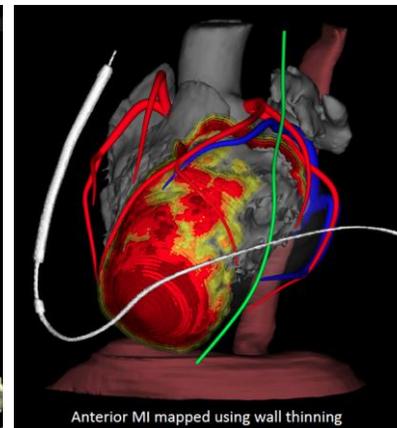
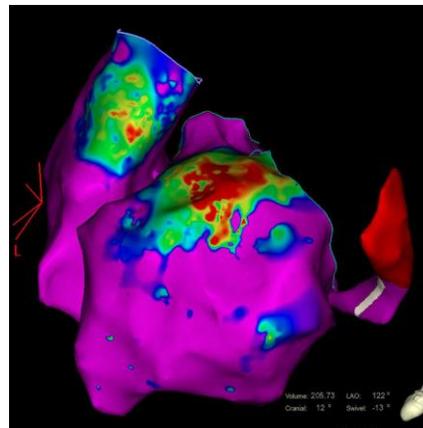
Traitement

Etablissement du plan de traitement et simulation de dose

25 Gray
En une seule séance
+/- À jeun

Identifier la cible

Scanner IRM
Carte 3D EP
ECG de la TV
Cardioinsight



Préparation	Optimisation	Planifié	Real
Anté bras	175.0	100.0	
Posté bras	320.0		
Technique	DYNAMIQUE (PlanAxe™ -stereotaxique)		
Type d'énergie	6MV		
UM	3546	1104 1100	
Volume	1400	1384	
Minuterie	3.04	0.87	
Filtre couché	Auton	Auton	
Plan d'axe	Plan d'axe	Plan d'axe	

Comment déterminer la cible??



- ECG		Imprécis
- echo		Imprécis
- CT scan		Optimal for ICM
- MRI		acceptable (NICM)
- pet scan		???
- non invasive ECG imaging		Imprécis ?
- 3D map		Optimal

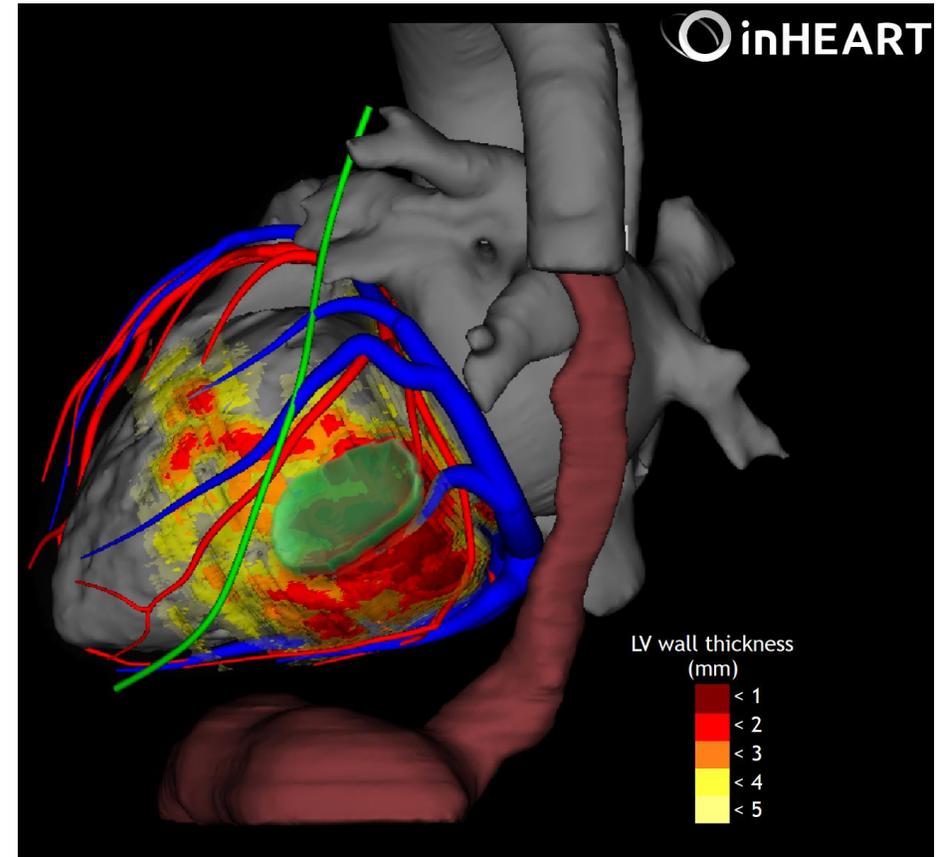
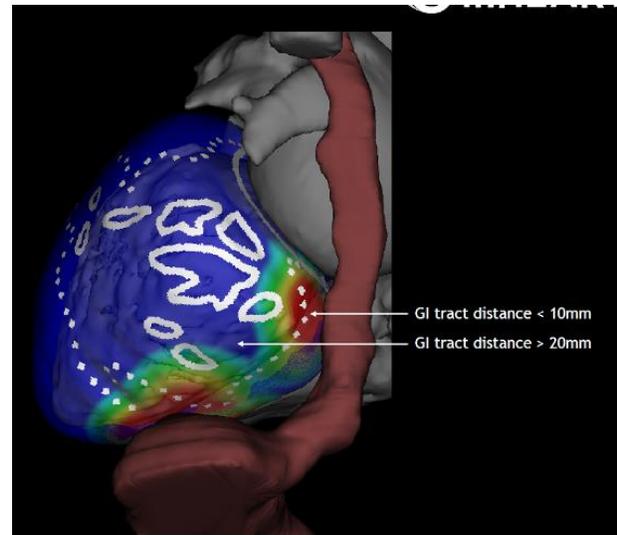
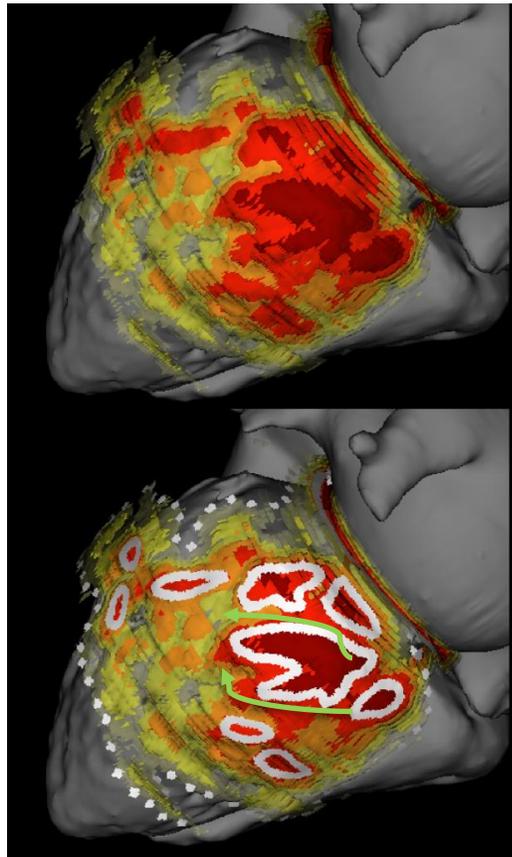
Discussion multi disciplinaire entre Rythmologues, radiologues et radiothérapeutes



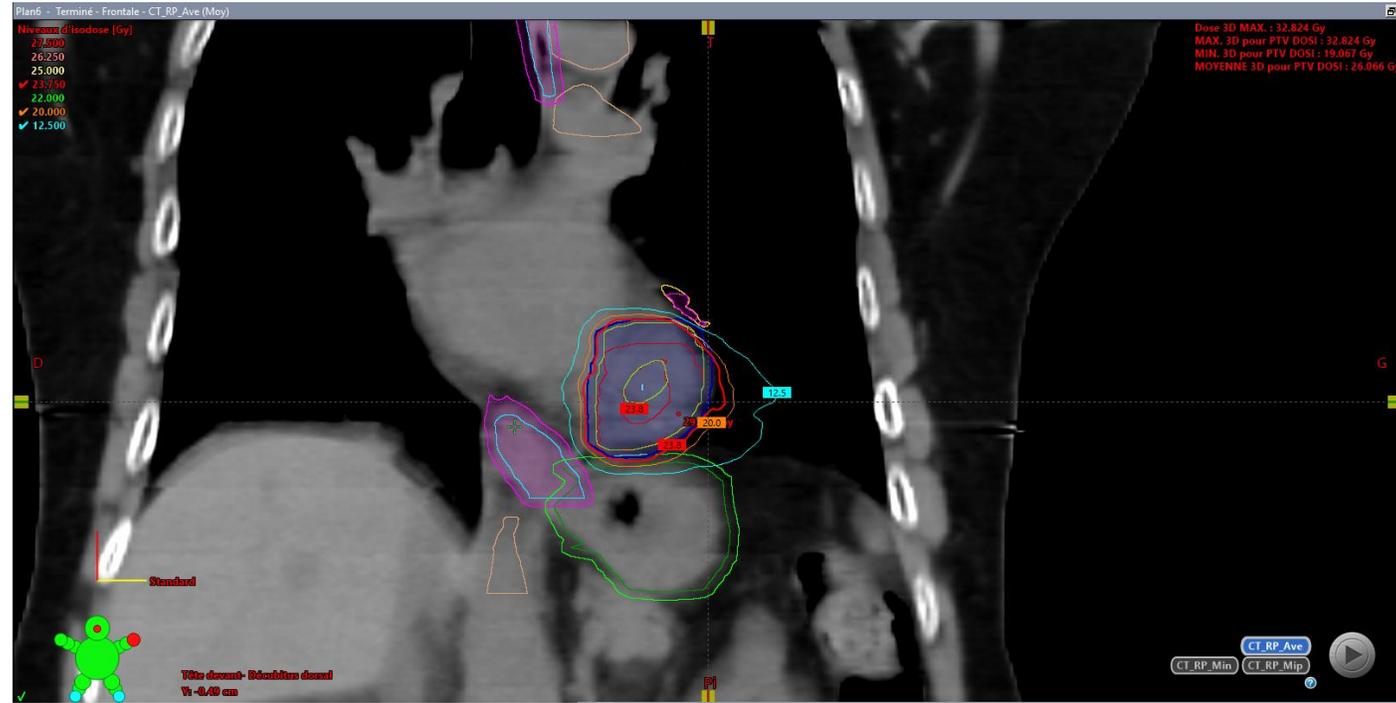
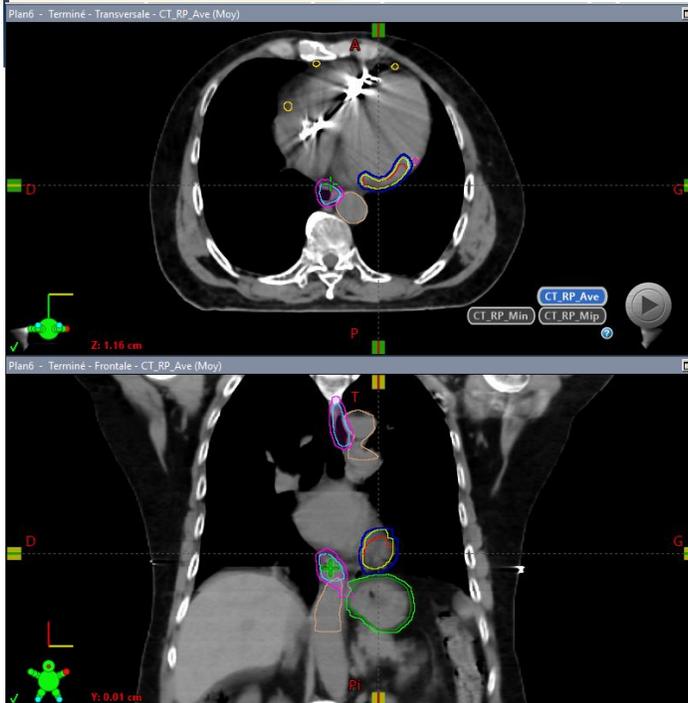
66 ans, CMD avec fibrose sous épicaudique

1ere ablation avec TV provenant d'une cicatrice postéro latérale ablatée par voie endo epi en dec 2020

Récidive avec TV proche de la TV clinique



Plan de traitement: logiciel Eclipse

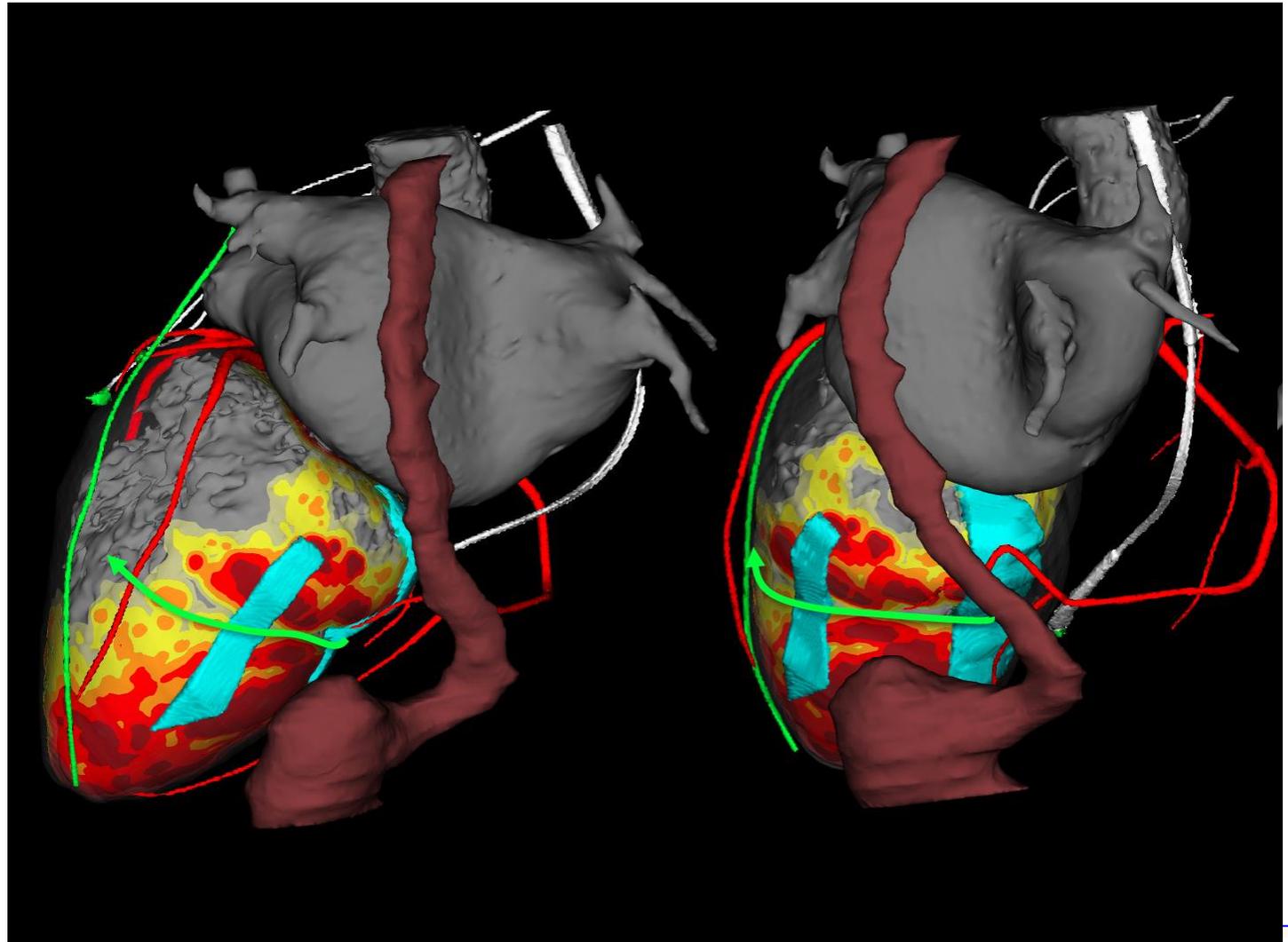
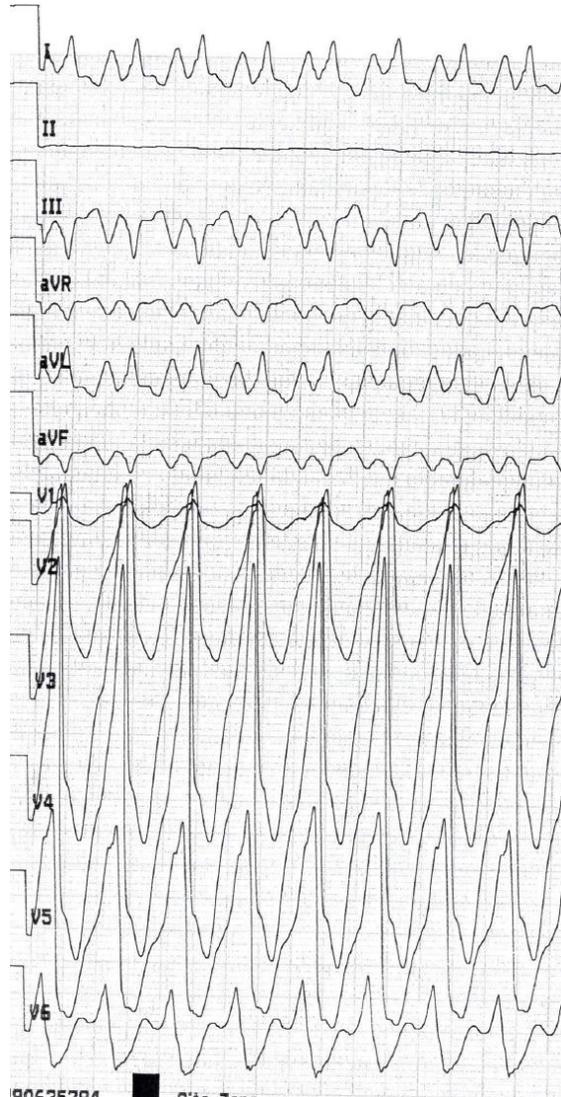


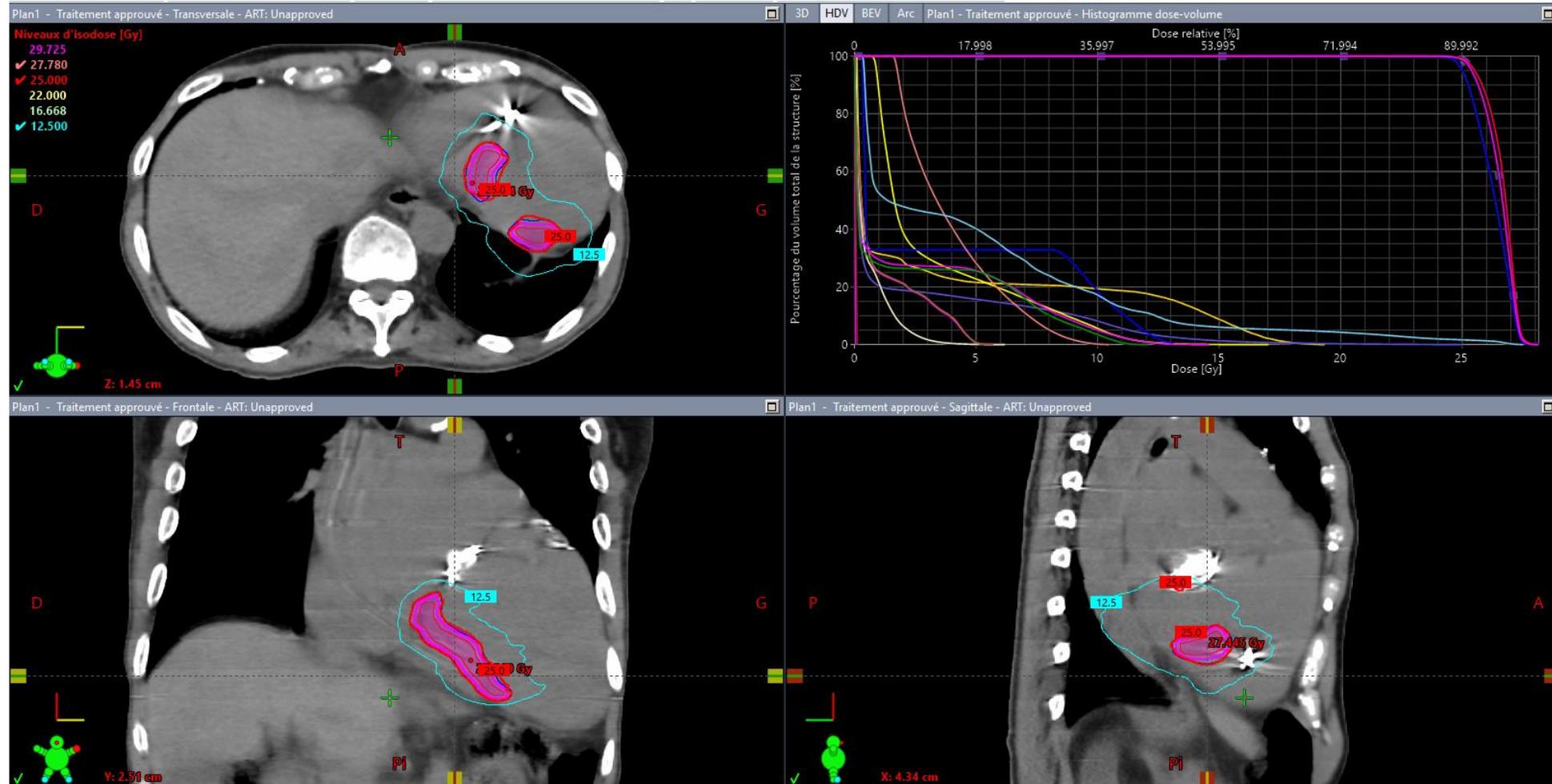
GTV : volume cible (on détermine une cible « efficacy » et « safety ») = cible « safety » car proximité de l'estomac= 9.7 cm³

ITV: GTV + marges de traitement (mouvement cardiaque et respiratoire)= 15.9 cm³

PTV= ITV + 1 à 3 mm de marges= 25.9 cm³







Série de la Pitié

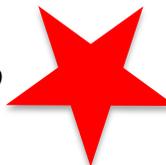


AGE	MALE GENDER			LVEF	NB OF PRIOR CATHETER ABLATION	NB OF VT EPISODES IN PAST 6 MONTHS	TARGET LOCATION (ANT SEPT INF LAT)	CLINICAL TARGET VOLUME (ML) GTV (ML)	PLANNING TARGET VOLUME (ML)	TOTAL DOSE (Gy) D98% (Gy) V23,75Gy(%)	DURATION (MONTHS)	NB VT EPISODES DURING 6 WEEKS BLANKING PERIOD	NB VT EPISODES FROM 6 WEEKS TO 6 MONTHS	DEATH	SBRT-RELATED COMPLICATION (1/0)
86	yes	DCM	electrical storm	20	1	16-20	septum	23,5	62,9	24,5 Gy 99,5%	2	2	0	2 months	0
73	yes	ICM	electrical storm	30	1	15-20	postero-lateral	10,6	26,6	15,3 Gy 76%	7	0	0	7 months	0
60	no	ICM	electrical storm	30	0	>15	infero septal	15,5	61,6	24,3 Gy 98,7%	4	0	>15 electrical storm at 3 months, failure of endocardial ablation, patient adress	0	1
82	no	ICM	electrical storm	25	1	15-20	septum	47,3	88,2	25,11 Gy 100%	5	0	>10 recurrence 2 months after radioablation	5 months	0
67	yes	DCM	Recurrent VT	35	1	20	postero-basal	9,7	25,9	18,73 Gy 94,8%	12	0	0	0	0
86	yes	ICM	electrical storm	25	0	10	lateral	21,5	56,8(safety)	23,22 Gy 96,99%	2	0	0	2 months	0
73	yes	DCM	electrical storm	10	0	>15	postero-basal		85		2	0	NA	0	0
82	yes	DCM	electrical storm	35	1	>20	septum				0	4	NA	0	0



CENTER	NB	recurrences	mortality
Lille	17	10/17	4/17 (unrelated to Rx)
La Pitié	8	3/8	4/8 (heart failure)
Toulouse	6	4 (2 frequent)	1 (EM dissoc)
Rennes	6	1	2 (neo, reanimation)
Bordeaux	1	0	1 (intractable heart failure)
Nantes	1	0	1 (intractable heart failure)
		16/31 52%	13/31 42%

Current french experience ? N=53

French STAR  ***registry*** 

