



Les techniques de traitement dans la prise en charge des cancers du sein

Véronique BODEZ, Physicienne médicale chef de service, PhD
Sainte Catherine, Institut du Cancer Avignon Provence



Sousse, 01 novembre 2025



Sommaire

- Sainte Catherine, Institut du Cancer Avignon Provence
- Evolution des techniques au cours du temps
- De la 2D à la 3D-CRT
- IMRT/VMAT
- Hybrid IMRT/Arc & RapidArc Dynamic Varian
- Comparaison dosimétrique des techniques
- Conclusion



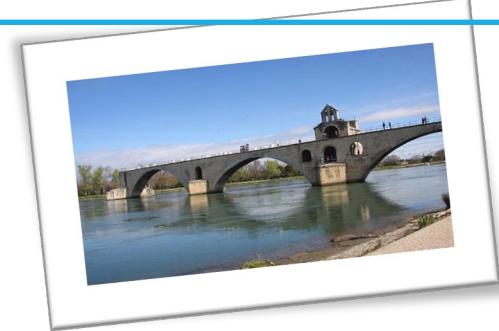
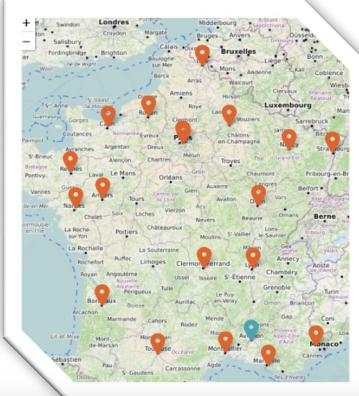
Sainte Catherine, Institut du Cancer Avignon Provence





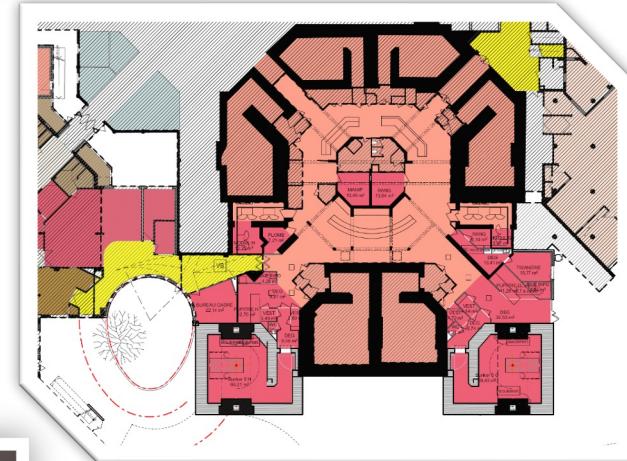
L'ICAP :

- ESPIC
- Centre Affilié Unicancer depuis juin 2021



Le service de radiothérapie :

- 2800 patients traités par an
- 47000 séances de traitement par an
- 8 bunkers

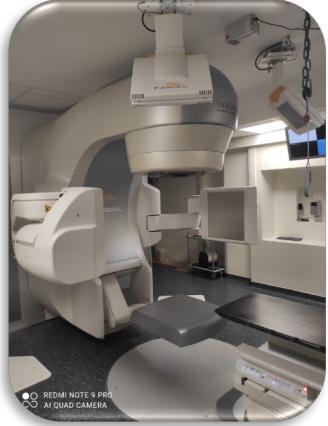


- Acquisition des images :
 - 1 scanner dédié SOMATOM go.OpenPro (Siemens Healthineers)
 - Des vacations sur 1 IRM MAGNETOM Sola (1.5T) RT Pro Edition (Siemens Healthineers)
 - Liaison avec le TEP scanner de l'hôpital d'Avignon



Sainte Catherine, Institut du Cancer Avignon Provence

- 7 accélérateurs :
 - 2 Novalis TrueBeam STx (MLC 120HD)
 - 2 TrueBeam (MLC 120)



- 2 Halcyon v3 => passage en V5 sur novembre et décembre
- 1 Ethos v2

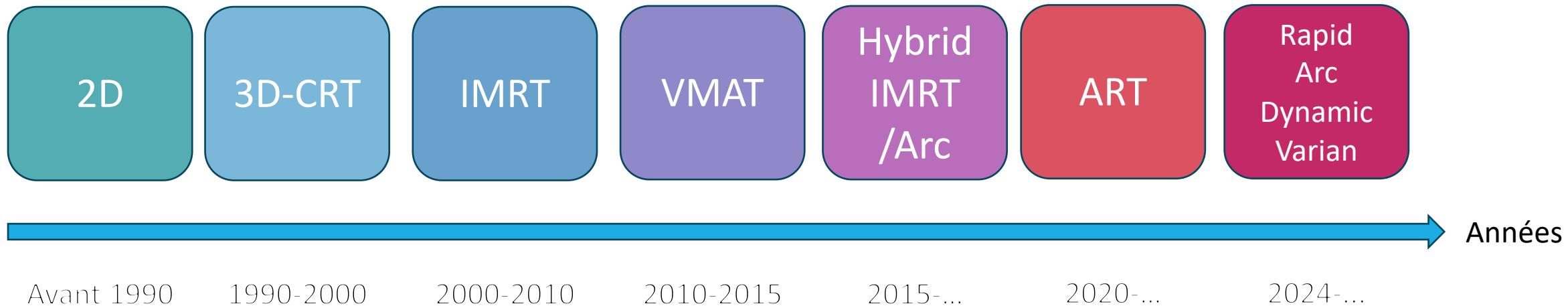




Evolution des techniques de traitement au cours du temps



Evolution des techniques de traitement au cours du temps



- **Evolution permanente en fonction de :**

- Evolution des appareils d'imagerie (arrivée des scanners en RT)
- Progrès informatiques
- Evolution des TPS (arrivée de la modulation d'intensité)

+

•

○

2D / 3D-CRT

+

•

○

De la 2D à la 3D-CRT

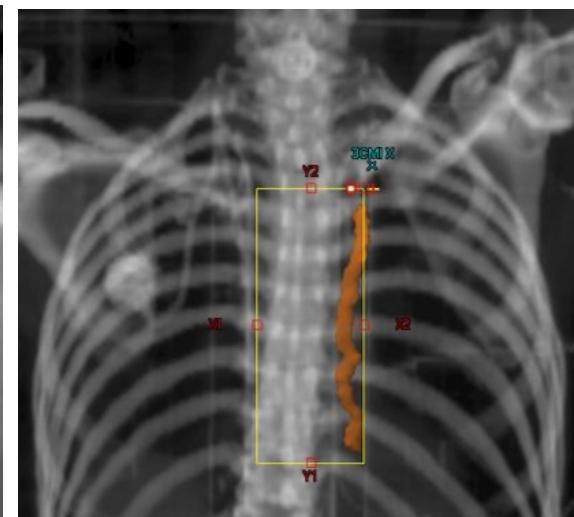
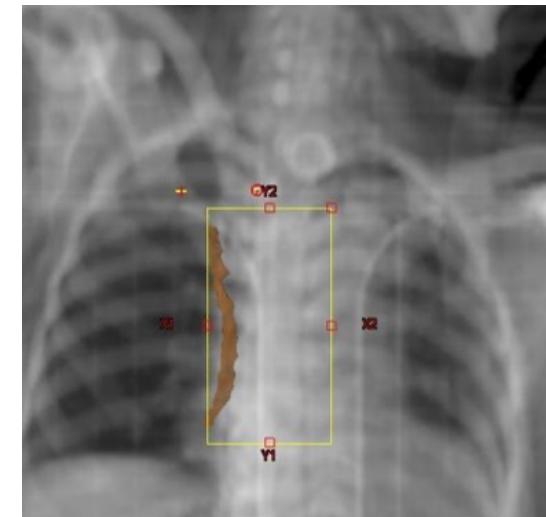
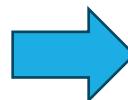
2D

- **En 2D**

- Simulation par radiographie ou scopie (chronophage)
 - ➔ Directement sous l'accélérateur
 - ➔ Simulateur ou simulateur-scanner
 - ➔ pas ou peu d'imagerie volumique 1 ou 2 coupes
- Traitement par champs tangentiels +/- champs directs susclav / CMI
- Calculs empiriques sans prise en compte de la dose aux OAR
- Objectif = couverture mammaire avec tangentiels avec épargne cardiaque et pulmonaire +/- aires ganglionnaires avec champ direct et profondeur unique (3 à 5 cm)
 - ➔ Utilisation de caches en alliage de Cerrobend
- Vérification par gammagraphie



Faible précision

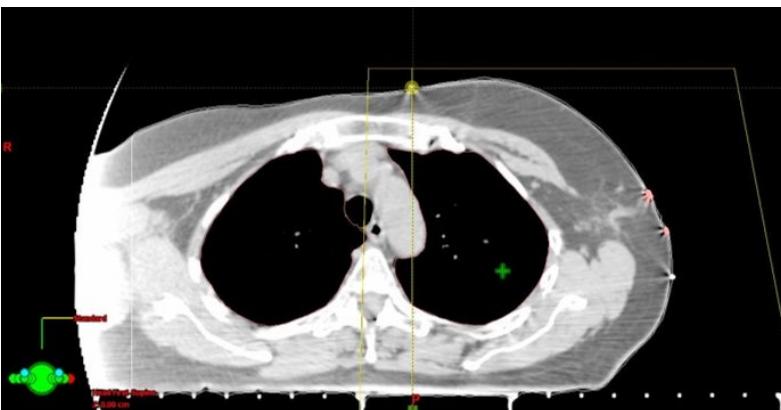


De la 2D à la 3D-CRT

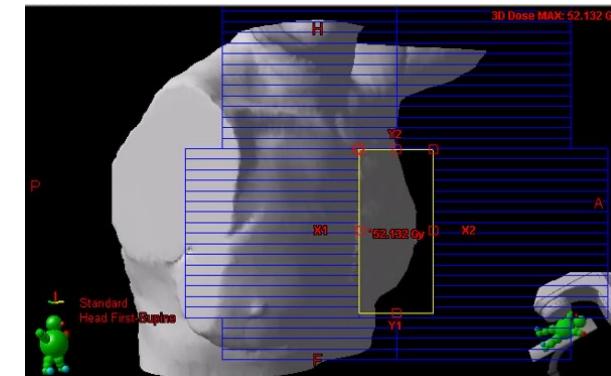
3D-CRT

- **En 3D**

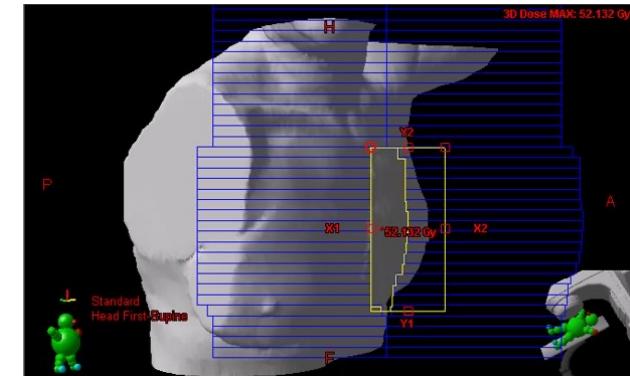
- Imagerie scanographique en coupes de 2 à 3 mm et reconstruction 3D
- Planification directe avec ajout de modificateurs de faisceaux
- Evolution à l'ICAP (2005) → mise en place d'une technique monoisocentrique
 - Impossibilité de transférer la technique classique sous l'appareil de traitement (3/4 d'heure de simulation pour un sein complet avec la scopie) du fait de l'abandon du simulateur
 - Meilleure reproductibilité
 - Élimination des zones de sur ou sous dosages
 - Nombre de points de tatouages réduits par mise en place d'une « boîte » de positionnement
 - Moins de risque d'erreurs de centrage
 - Technique du champ dans le champ pour optimiser la dose dans les tangentiels (avancée possible du fait de l'arrivée dans les TPS de la modulation d'intensité)



Segment ouvert



1^{er} sous Segment

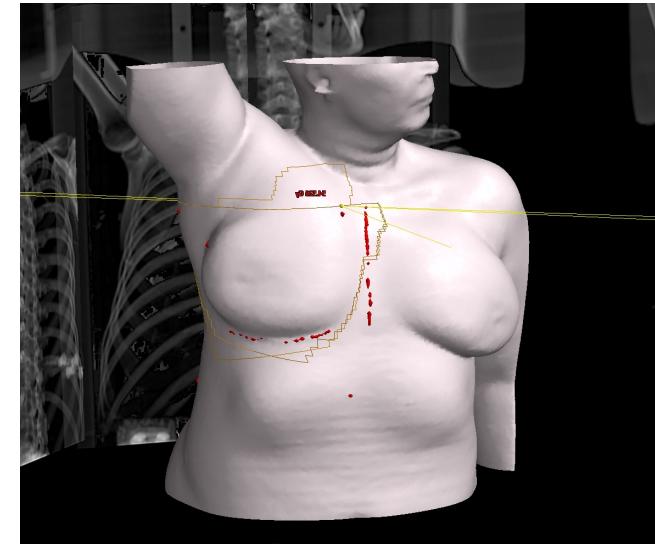


De la 2D à la 3D-CRT

3D-CRT

- En 3D

- Exemple ICAP :
 - ➔ Pour ce cas, CMI incluse dans les tangentiels + faisceau sus-claviculaire
 - ➔ Meilleure épargne cardiaque



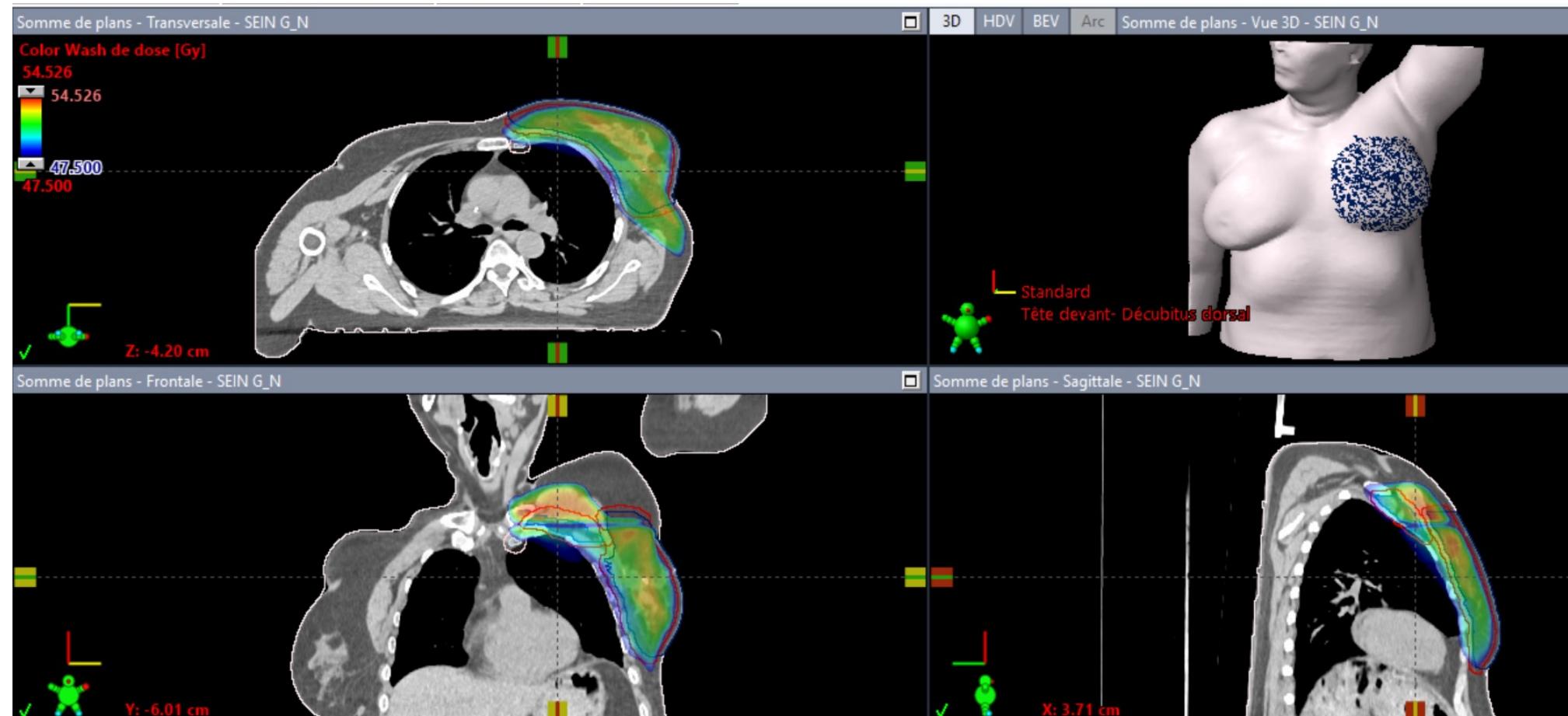
Groupe	ID plan	ID du champ	Technique	Machine/Énergie	MLC	Pondération du champ	Échelle	Gantry Rtn [deg]	Coll Rtn [deg]
I	10SEINcmiG1_F	CENTRAGE	Statique-I	TrueBeamE - 6X		0.000	Varian CEI	0.0	0.0
I	10SEINcmiG1_F	01TGI G	Statique-I	TrueBeamE - 6X	Mode dynamique	1.000	Varian CEI	305.0	0.0
I	10SEINcmiG1_F	02TGE G	Statique-I	TrueBeamE - 6X	Mode dynamique	1.000	Varian CEI	129.0	0.0
I	10SEINcmiG1_F	01TGI G X10	Statique-I	TrueBeamE - 10X	Statique	2.240	Varian CEI	305.0	0.0
I	10SEINcmiG1_F	02TGE G X10	Statique-I	TrueBeamE - 10X	Statique	0.800	Varian CEI	129.0	0.0
I	20SUSCLAVg1	05AOD	Statique-I	TrueBeamE - 10X	Statique	1.052	Varian CEI	355.0	0.0
I	20SUSCLAVg1	06POG	Statique-I	TrueBeamE - 10X	Statique	0.108	Varian CEI	160.0	0.0

De la 2D à la 3D-CRT

3D-CRT

• En 3D

Isodose de prescription



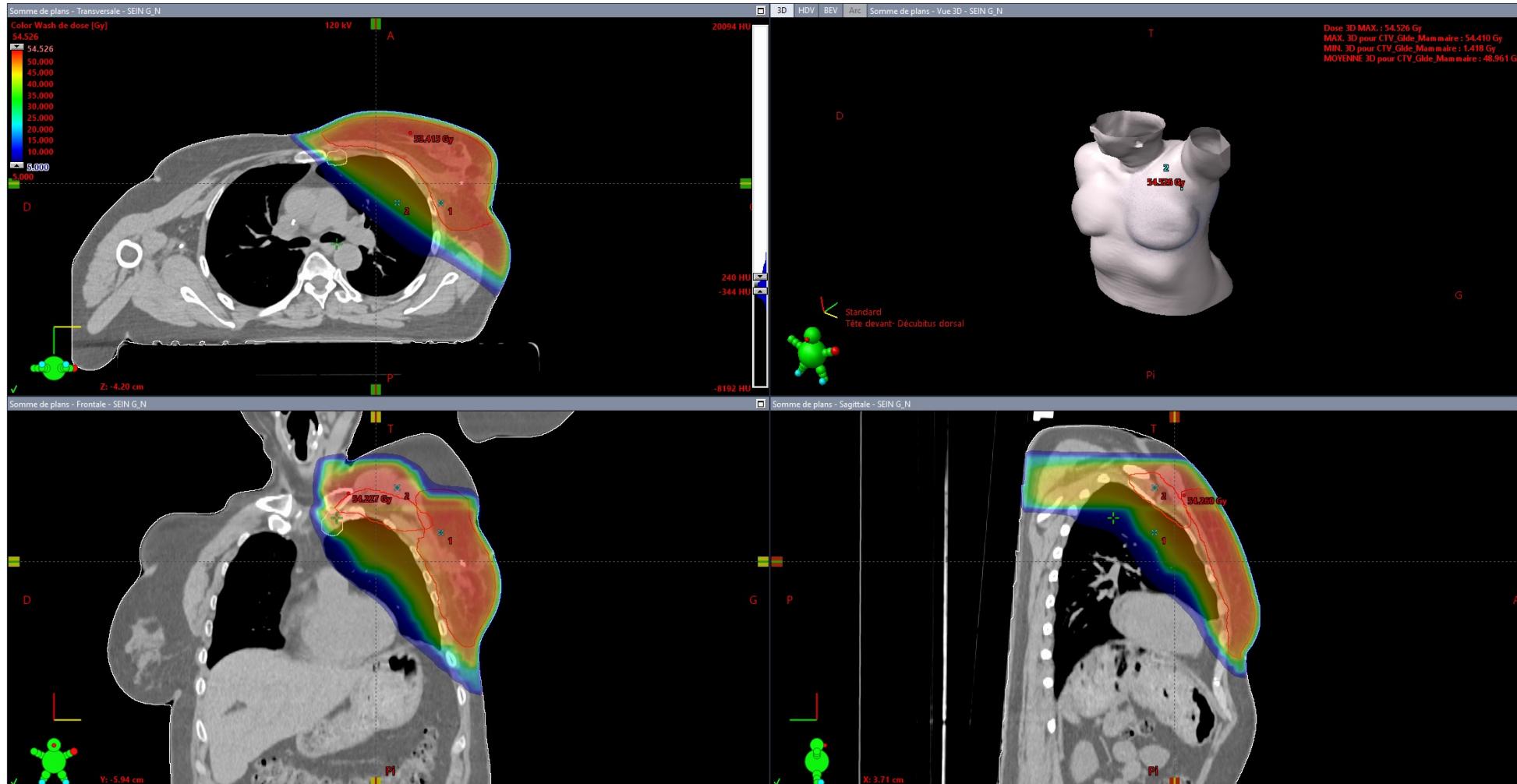
→ Homogénéité de dose +/- et couverture CMI moindre

De la 2D à la 3D-CRT

3D-CRT

- En 3D

Isodoses faibles



→ Bonne épargne cardiaque même aux faibles doses

De la 2D à la 3D-CRT

3D-CRT

- En 3D



HDV	Structure	État de la structure	Recouvrement [%/ %]	Volume	Dose min.	Dose max.	Dose moyenne	Dose modale	Dose médiane	Écart type
PRV_Artere_Coro_D	Approuvée	100.0 / 99.9	13.8 cm ³	0.2 Gy	0.9 Gy	0.4 Gy	0.4 Gy	0.4 Gy	0.1 Gy	
PRV_Artere_Coro_G	Approuvée	100.0 / 100.0	16.9 cm ³	1.0 Gy	19.6 Gy	4.2 Gy	4.0 Gy	4.0 Gy	1.9 Gy	
PTV_CMI	Approuvée	100.0 / 99.8	16.9 cm ³	6.3 Gy	52.7 Gy	41.5 Gy	50.6 Gy	45.4 Gy	10.4 Gy	
CTV_Susclav	Approuvée	100.0 / 100.0	83.6 cm ³	19.3 Gy	53.8 Gy	49.5 Gy	49.9 Gy	49.7 Gy	2.4 Gy	
PTV_Susclav	Approuvée	100.0 / 100.0	185.5 cm ³	7.1 Gy	54.4 Gy	48.6 Gy	49.7 Gy	49.7 Gy	5.3 Gy	
Coeur	Approuvée	100.0 / 100.0	584.4 cm ³	0.2 Gy	31.4 Gy	1.5 Gy	0.4 Gy	1.2 Gy	1.4 Gy	
PTV_Gde_Mammaire	Approuvée	100.0 / 100.0	988.8 cm ³	6.0 Gy	54.4 Gy	50.8 Gy	52.4 Gy	51.6 Gy	3.7 Gy	
Poumon_HL_Sain	Approuvée	100.0 / 100.0	1075.0 cm ³	0.2 Gy	50.3 Gy	16.6 Gy	0.7 Gy	6.8 Gy	17.7 Gy	

+

•

○

IMRT / VMAT

+

•

○

IMRT / VMAT

Optimisation inverse

IMRT

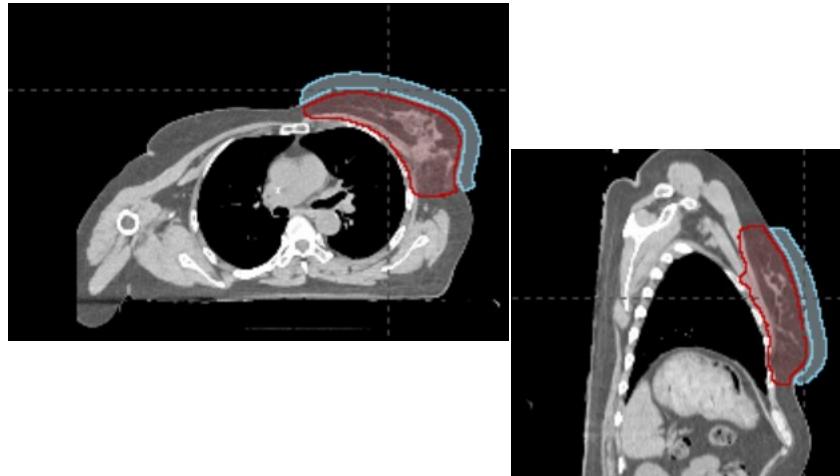
VMAT

IMRT bras fixes

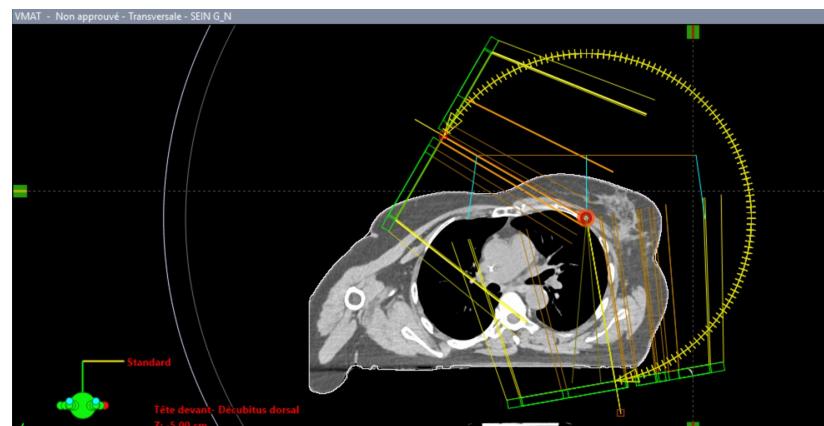
- Utilisée pour traiter les seins seuls (sans aires ganglionnaires)
- Champs tangentiels

VMAT

- Traitement des seins +/- aires ganglionnaires
- Nécessite une extension du « body » pour prendre en compte les mouvements/évolutions au cours du traitement + recalc sur body normal
- Multiples arcs + Rotations de collimateur différentes → Homogénéisation de la dose



ID du champ	Technique	Machine/Énergie	MLC	Pondération du champ	Échelle	Gantry Rtn [deg]	Coll Rtn [deg]
01RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.554	IEC61217	300.0 SH 170.0	10.0
02RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.641	IEC61217	170.0 SAH 300.0	350.0
03RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.545	IEC61217	300.0 SH 170.0	30.0
04RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.673	IEC61217	170.0 SAH 300.0	330.0
05RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.517	IEC61217	300.0 SH 170.0	0.0
06RA	Arthérapie-I	HalcyonB - 6X-FFF	VMAT	0.628	IEC61217	170.0 SAH 300.0	90.0

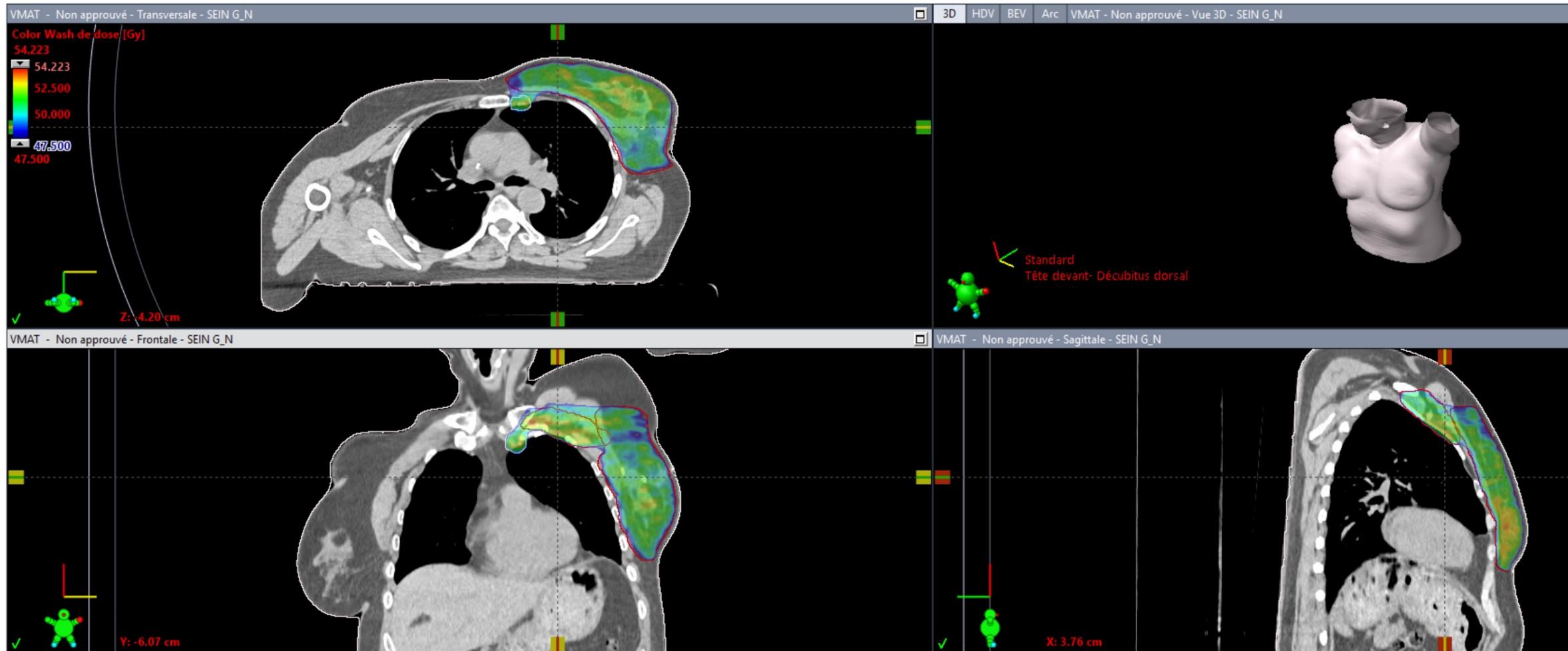


IMRT / VMAT

VMAT

- En VMAT

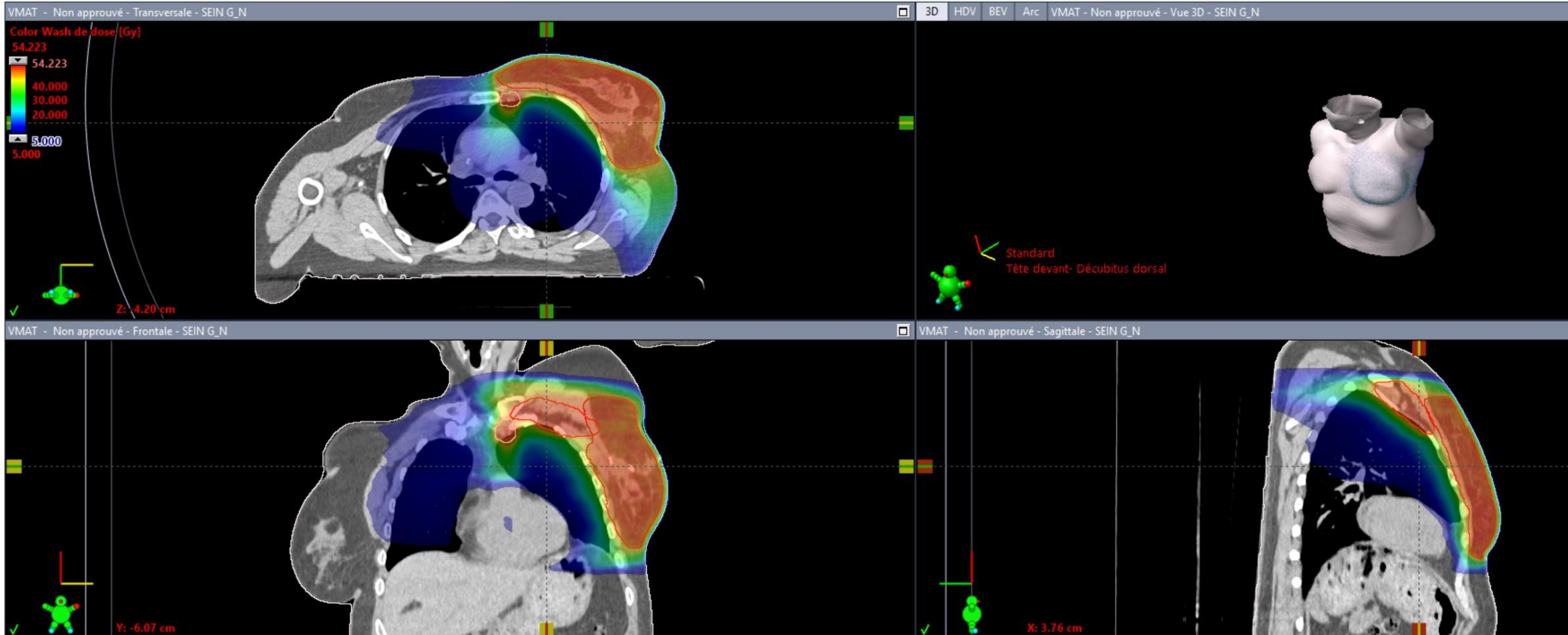
Isodose de prescription



→ Meilleure homogénéité de dose / 3D-CRT et bonne couverture de tous les volumes cibles

- En VMAT

Isodoses faibles



→ Faibles doses plus étendues / 3D-CRT : poumon controlatéral

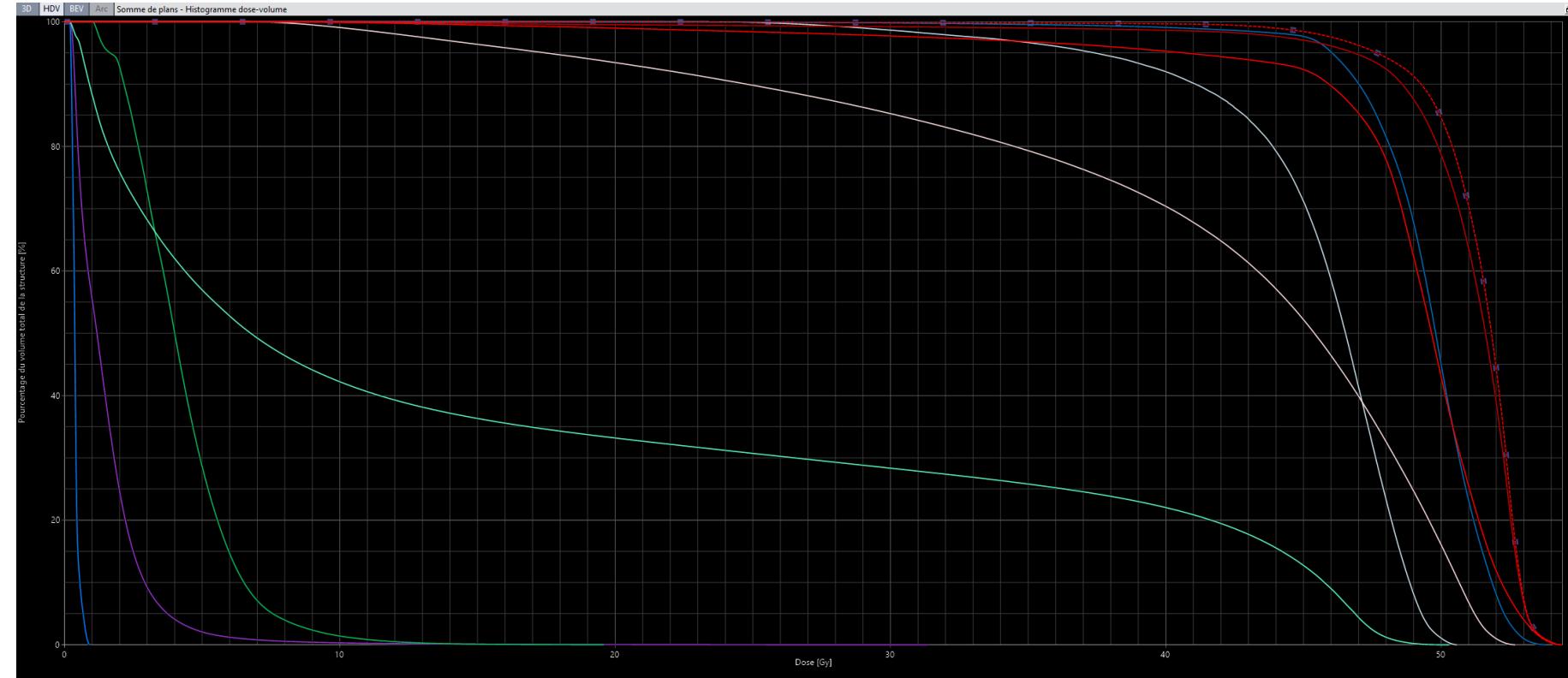


INSTITUT DU CANCER
Avignon-Provence

IMRT / VMAT

- En VMAT

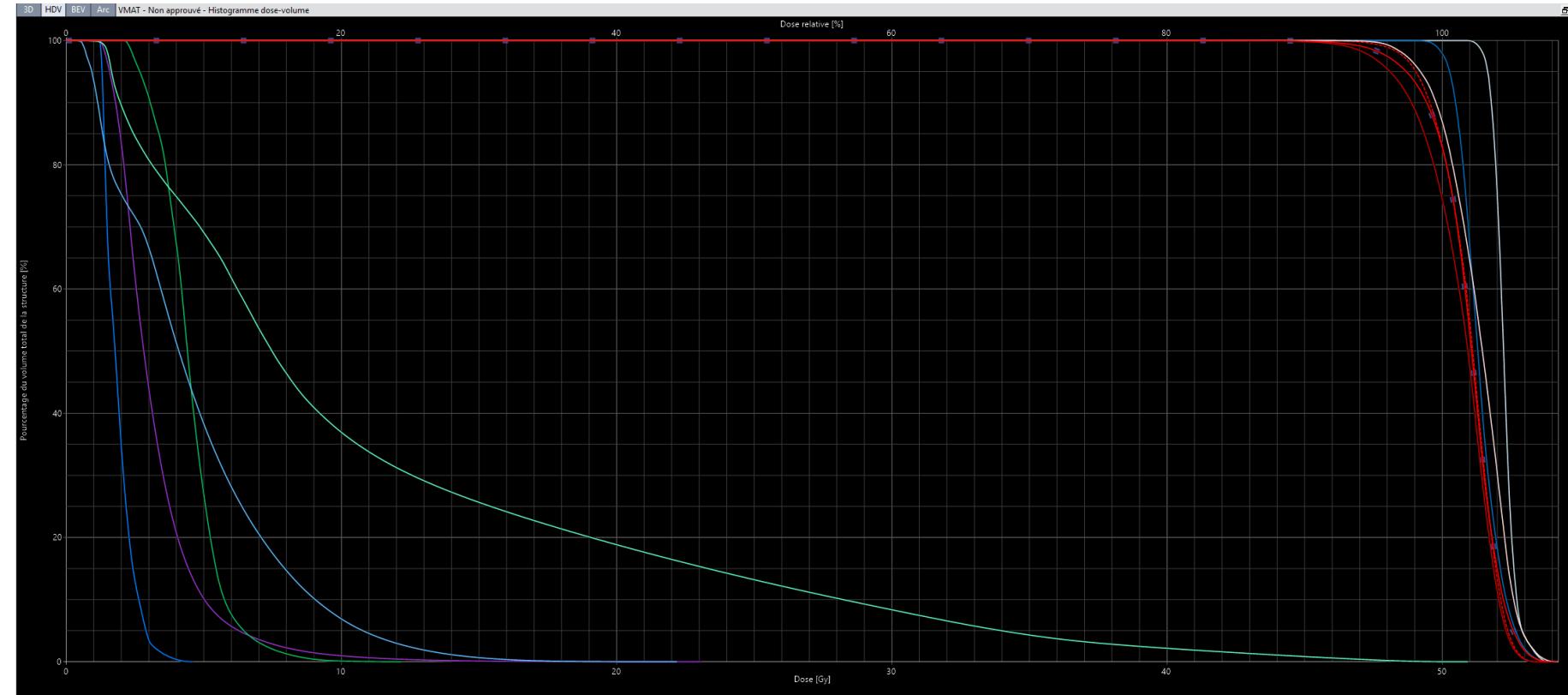
3D



- En VMAT

VMAT

VMAT



HDV	Structure	État de la structure	Recouvrement [%/%)	Volume	Dose min.	Dose max.	Dose moyenne	Dose modale	Dose médiane	Écart type
CTV_CMI		Approuvée	100.0 / 100.1	1.9 cm ³	50.9 Gy	53.9 Gy	52.2 Gy	52.2 Gy	52.2 Gy	0.4 Gy
PRV_Artère_Coro_D		Approuvée	100.0 / 100.1	13.8 cm ³	1.2 Gy	4.6 Gy	1.9 Gy	1.4 Gy	1.8 Gy	0.5 Gy
PRV_Artère_Coro_G		Approuvée	100.0 / 100.0	16.9 cm ³	2.1 Gy	12.2 Gy	4.5 Gy	4.2 Gy	4.4 Gy	1.1 Gy
PTV_CMI		Approuvée	100.0 / 100.0	16.9 cm ³	45.3 Gy	54.2 Gy	51.3 Gy	52.0 Gy	51.5 Gy	1.1 Gy
CTV_Susclav		Approuvée	100.0 / 100.0	83.6 cm ³	48.9 Gy	54.2 Gy	51.4 Gy	51.3 Gy	51.3 Gy	0.7 Gy
PTV_Susclav		Approuvée	100.0 / 100.1	185.5 cm ³	40.5 Gy	54.2 Gy	50.9 Gy	51.3 Gy	51.1 Gy	1.2 Gy
Coeur		Approuvée	100.0 / 100.0	584.4 cm ³	1.1 Gy	23.1 Gy	3.2 Gy	2.3 Gy	2.8 Gy	1.7 Gy
PTV_Glide_Mammaire		Approuvée	100.0 / 100.0	988.8 cm ³	39.2 Gy	53.8 Gy	50.7 Gy	51.2 Gy	50.9 Gy	1.3 Gy
CTV_Glide_Mammaire SUB Peau_0.5										
Poumon_HL_Sain		Approuvée	100.0 / 100.0	801.5 cm ³	0.8 Gy	53.8 Gy	51.0 Gy	51.2 Gy	51.1 Gy	1.0 Gy
CTV_Glide_Mammaire		Approuvée	100.0 / 100.0	978.1 cm ³	0.5 Gy	53.8 Gy	49.0 Gy	51.2 Gy	50.8 Gy	5.6 Gy

→ Meilleure protection poumon ipsilatéral
 → Protection cardiaque moindre

+

•

○

Hybrid IMRT/Arc et RapidArc Dynamic

+

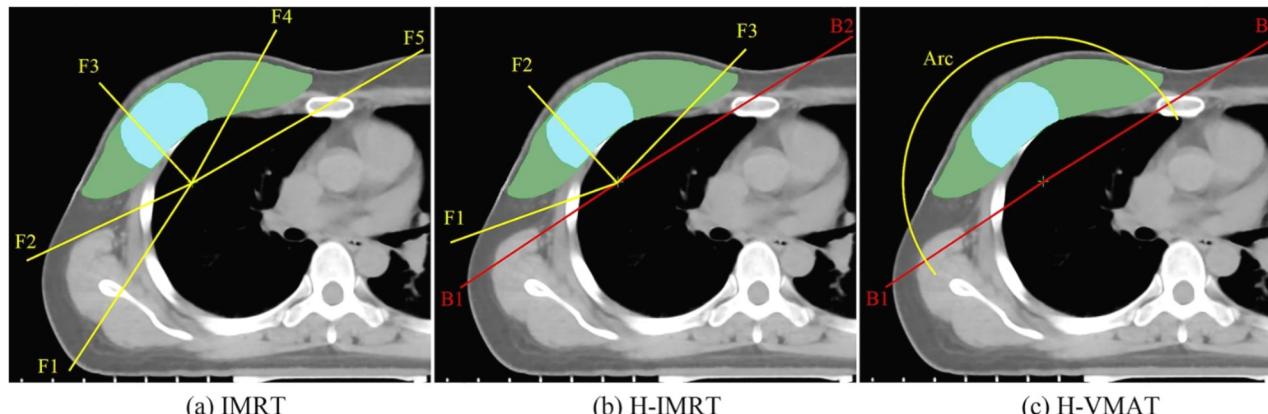
•

○

Technique Hybrid IMRT/Arc :

- **Mélange des techniques 3D-CRT et IMRT ou VMAT**
 - ➔ garder les champs tangentiels permet une meilleure épargne du cœur & des poumons
 - **Exemple dans la publication suivante :**
 - ➔ Comparaison IMRT / hybrid IMRT / hybrid VMAT

From: [Dosimetric and radiobiological comparison of simultaneous integrated boost radiotherapy for early stage right side breast cancer between three techniques: IMRT, hybrid IMRT and hybrid VMAT](#)



Target volume contouring and field arrangement display of three irradiation techniques: **a** IMRT, **b** Hybrid IMRT (H-IMRT) and **c** Hybrid VMAT (H-VMAT). The yellow straight lines, red straight lines, and yellow arc represent IMRT beams, tangential beams and partial arc beam, respectively. The green area is the planning target volume (PTV), and the light blue area is simultaneous integrated boost (SIB).

Bi et al. *Radiation Oncology* (2022) 17:60
https://doi.org/10.1186/s13014-022-02009-2

Radiation Oncology

RESEARCH **Open Access**

 Check for updates

Dosimetric and radiobiological comparison of simultaneous integrated boost radiotherapy for early stage right side breast cancer between three techniques: IMRT, hybrid IMRT and hybrid VMAT

- IMRT = fx IMRT dont 2 tangentiels opposés
 - Hybrid IMRT = 2 tangentiels ouverts opposés + 3 fx IMRT
 - Hybrid VMAT = 2 tangentiels ouverts opposés + 1 hémisphère

Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Hybrid IMRT/ Arc

Technique Hybrid IMRT/Arc

- **Résultats dosimétriques**

→ Couverture équivalente avec les 3 techniques

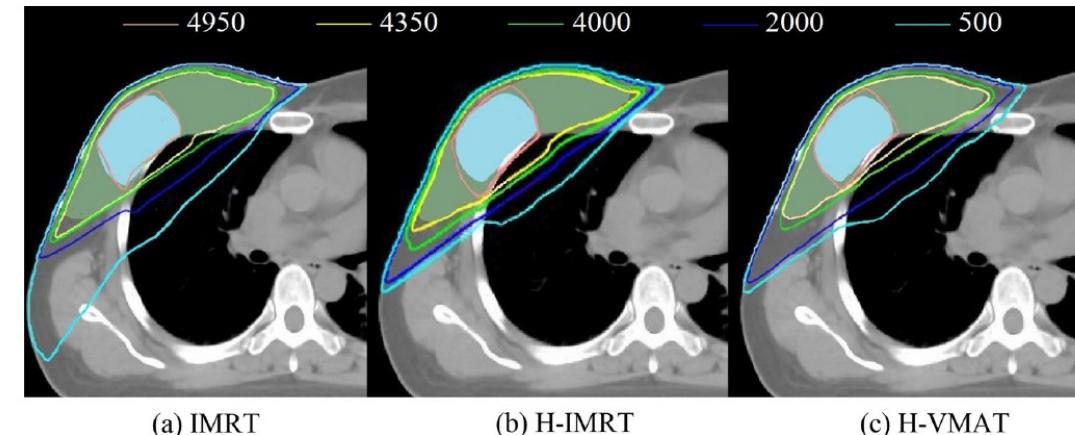


Fig. 2 Comparison of planar dose distribution in cGy for a representative patient with three irradiation techniques: **a** IMRT, **b** Hybrid IMRT (H-IMRT), and **c** Hybrid VMAT (H-VMAT)

→ Avantage significatif dans la protection des OAR pour Hybrid IMRT

Table 4 Comparison of dosimetric parameters of OARs between IMRT, H-IMRT and H-VMAT

Structure	Parameters	IMRT	H-IMRT	H-VMAT	p value		
					a	b	c
I-Lung	V_{5Gy} (%)	32.78 ± 22.38	35.17 ± 6.05	41.50 ± 9.97	0.672	0.197	0.046
	V_{10Gy} (%)	24.19 ± 6.40	20.41 ± 3.75	19.44 ± 5.40	0.013	0.077	0.15
	V_{20Gy} (%)	14.84 ± 3.91	13.71 ± 3.14	13.47 ± 3.28	0.245	0.038	0.136
	V_{30Gy} (%)	10.38 ± 4.11	10.43 ± 2.79	10.37 ± 2.95	0.193	0.184	0.386
	D_{mean} (Gy)	11.71 ± 4.04	9.57 ± 4.58	10.36 ± 5.97	0.065	0.169	0.103
C-Lung	D_{mean} (Gy)	0.38 ± 0.42	0.34 ± 0.35	0.64 ± 0.43	0.842	0.16	0.068
Heart	V_{5Gy} (%)	5.05 ± 3.43	1.88 ± 2.89	2.78 ± 4.85	0.191	0.14	0.287
	V_{10Gy} (%)	0.35 ± 1.21	0.04 ± 0.12	0.07 ± 0.25	0.261	0.22	0.217
	D_{mean} (Gy)	1.63 ± 0.94	1.32 ± 0.65	1.71 ± 0.63	0.052	0.033	0.728
C-Breast	D_{max} (Gy)	12.59 ± 9.65	12.25 ± 13.09	11.81 ± 12.79	0.838	0.363	0.113
	D_{mean} (Gy)	0.83 ± 0.55	0.83 ± 0.50	0.99 ± 0.48	0.595	0.17	0.518
Esophagus	D_{max} (Gy)	3.38 ± 3.78	2.06 ± 1.66	3.78 ± 1.14	0.148	0.368	0.111
	D_{mean} (Gy)	1.10 ± 0.96	0.69 ± 0.47	1.72 ± 0.41	0.053	0.21	0.011
Spinal cord	D_{max} (Gy)	2.87 ± 3.30	2.13 ± 1.83	2.52 ± 0.76	0.362	0.542	0.376
	D_{mean} (Gy)	0.72 ± 1.32	0.58 ± 0.20	0.70 ± 0.24	0.552	0.485	0.184

Table 1 Dose targets and constraints for treatment planning

Structure	Metrics	Objective
SIB	$V_{49.5\text{Gy}}$ (%)	$\geq 95\%$
	$V_{55\text{Gy}}$ (%)	$< 20\%$
	D_{\max} (Gy)	< 60 Gy
PTV-SIB	$V_{43.5\text{Gy}}$ (%)	$\geq 95\%$
	$V_{48\text{Gy}}$ (%)	$< 20\%$
	D_{\max} (Gy)	< 52 Gy
I-Lung	$V_{5\text{Gy}}$ (%)	$< 60\%$
	$V_{10\text{Gy}}$ (%)	$< 40\%$
	$V_{20\text{Gy}}$ (%)	$< 20\%$
	$V_{30\text{Gy}}$ (%)	$< 15\%$
	D_{mean} (Gy)	< 15 Gy
C-lung	$V_{5\text{Gy}}$ (%)	$< 20\%$
Heart	D_{mean} (Gy)	< 4 Gy
C-Breast	D_{\max} (Gy)	< 40 Gy
	D_{mean} (Gy)	< 3 Gy
Spinal cord	D_{\max} (Gy)	< 45 Gy

Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Hybrid
IMRT/
Arc

Technique Hybrid IMRT/Arc :

- **Résultats dosimétriques**
- EAR pour quantifier le risque de cancer radio induit

Table 5 EAR comparison of OARs between IMRT, H-IMRT and H-VMAT

Structure	IMRT	H-IMRT	H-VMAT	p value		
				a	b	c
C-Breast	4.68 ± 3.39	4.25 ± 3.18	6.39 ± 3.71	0.205	0.018	0.031
I-Lung	109.80 ± 34.42	94.95 ± 39.35	115.53 ± 30.59	0.066	0.094	0.255
C-Lung	9.20 ± 8.06	5.36 ± 5.17	17.71 ± 6.02	0.048	0.036	0.000
Esophagus	1.55 ± 1.20	0.68 ± 0.54	1.60 ± 0.54	0.030	0.215	0.014

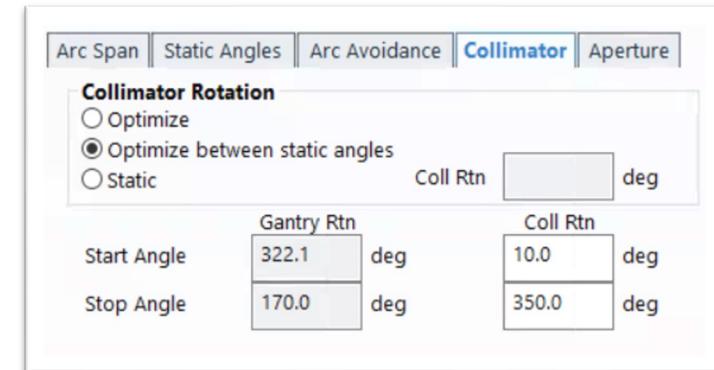
a: IMRT versus H-IMRT; b: IMRT versus H-VMAT; c: H-IMRT versus H-VMAT

Conclusion :

- Hybrid IMRT améliore l'uniformité de la couverture du volume cible et la protection des OAR
- Hybrid IMRT diminue le risque de second cancer comparé à IMRT seule ou hybrid VMAT
- Hybrid IMRT combine les avantages de la 3D-CRT et de l'IMRT

RapidArc Dynamic Varian ?

- **Combinaison dans le même faisceau d'un arc VMAT et de faisceaux fixes IMRT**
- Nouvelle génération d'algorithme d'optimisation
- Sur TrueBeam ; Halcyon à venir
- Rotation dynamique du collimateur → 3 types
 - **Optimize** : entièrement optimisé automatiquement
 - **Optimize between static angles** : fixé par l'utilisateur pour les faisceaux statiques et optimisé sur l'arc entre les faisceaux statiques
 - **Static** : Fixe pour tout l'arc + les faisceaux statiques

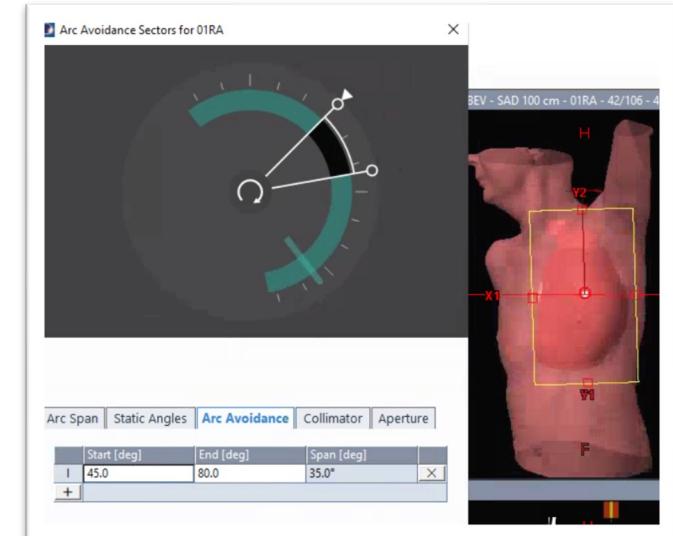
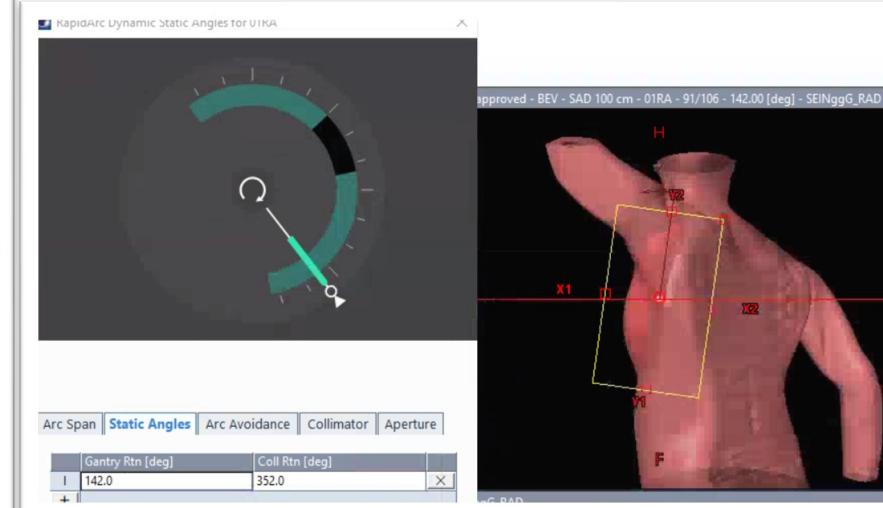
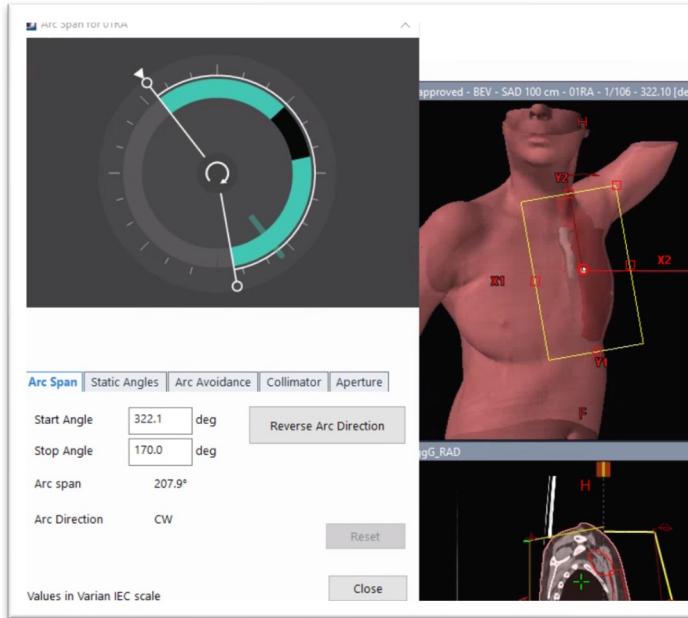


Hybrid Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

RapidArc Dynamic Varian ?

- En pratique, on visualise en temps réel sur BEV pour :
 - Définir l'angle de début et de fin d'un arc
 - Choisir l'angle de bras et de collimateur d'un faisceau fixe IMRT
 - Définir un secteur d'évitement

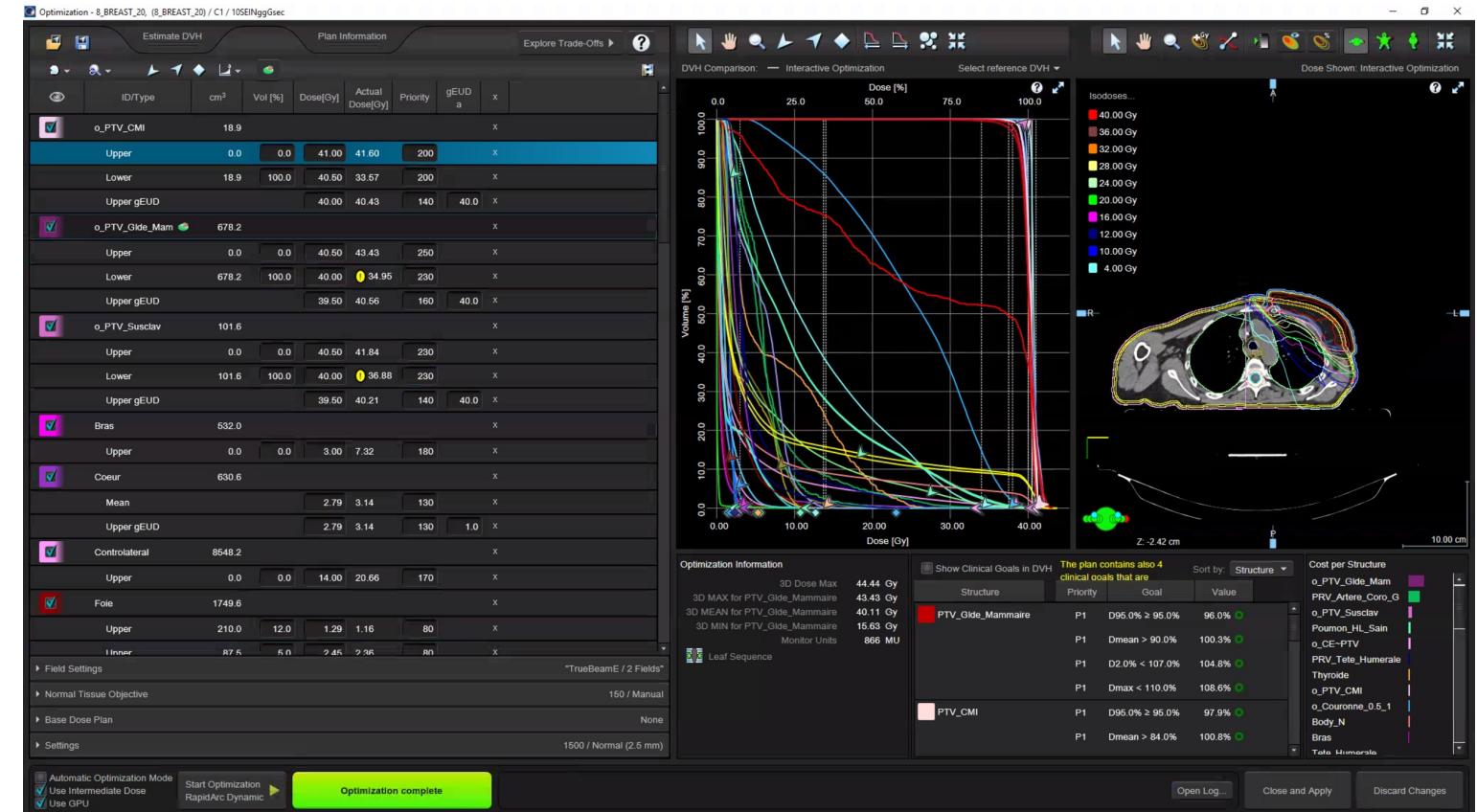


Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

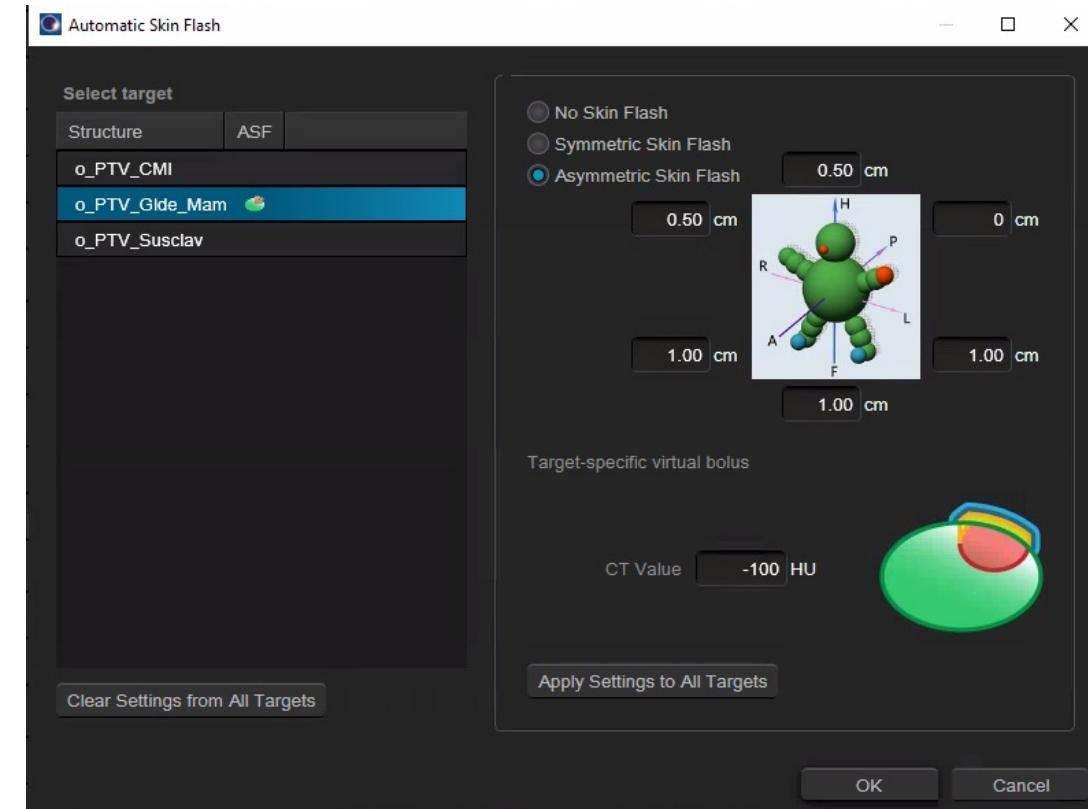
RapidArc Dynamic Varian ?

- Aucune interaction dans l'optimisation



RapidArc Dynamic Varian ?

- **Skin flash intégré dans l'optimisation**
 - Plus besoin de créer un CT étendu pour l'optimisation puis de recalculer le plan sur le CT normal
 - On définit dans l'optimisation pour chaque direction l'extension voulue et les UH affectées à celle-ci



Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

RapidArc Dynamic Varian ?

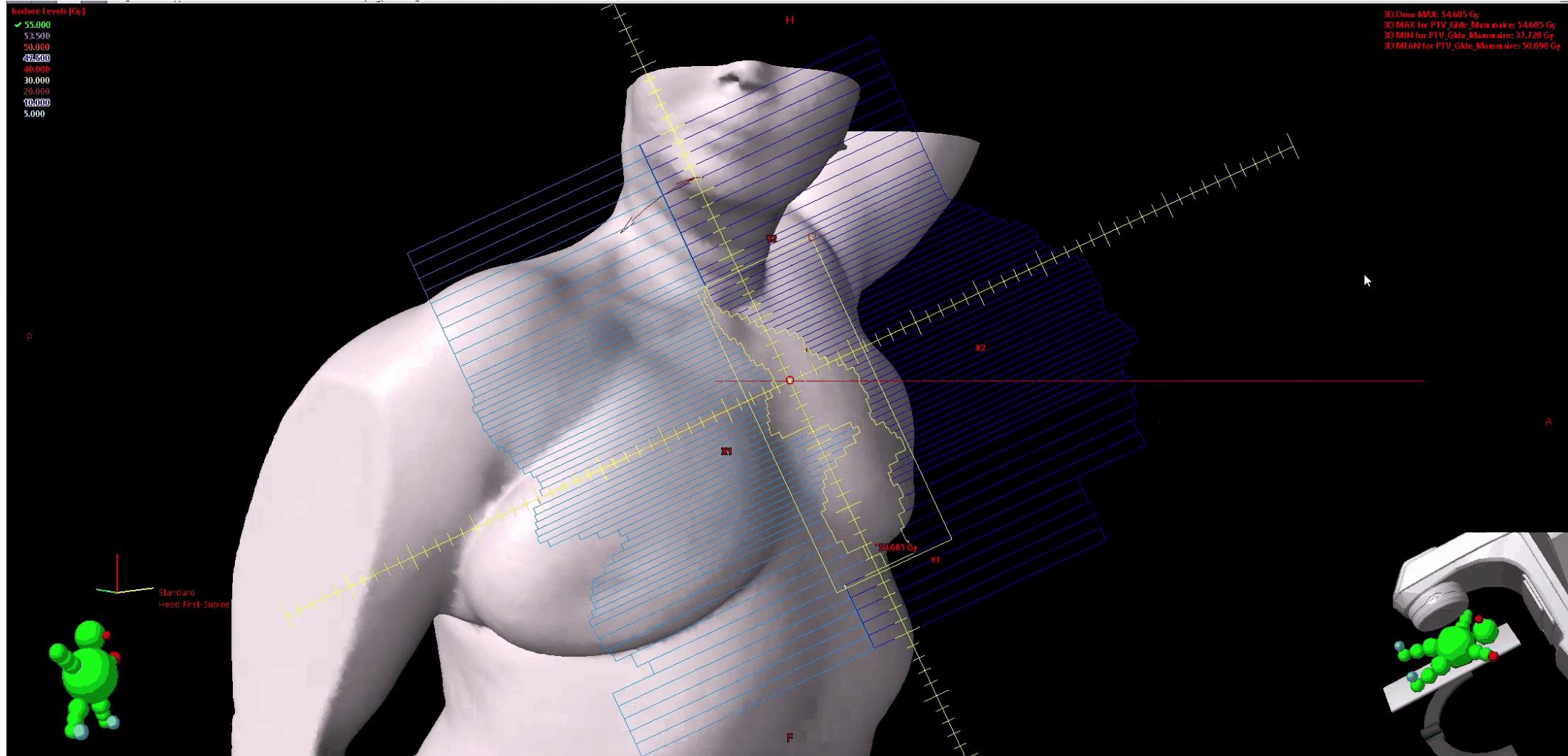
- **Balistique :**
 - Faisceaux tangentiels fixes
 - Arcs partiels

Treatment Unit TrueBeamE Scale Varian IEC					
ID	Gantry Rotation [deg]	Field Geometry	Field Geometry Optimization	Aperture [cm]	
01RA	i 300.0-35.0 CW		<input type="checkbox"/> Automatic Static Angles Collimator Rotation Optimize between static angles	X1: +4.5 Y1: +15.5 X2: +13.0 Y2: +9.4 Total: 17.5 Total: 24.9	
02RA	i 35.0-175.0 CW		<input type="checkbox"/> Automatic Static Angles Collimator Rotation Optimize between static angles	X1: +12.0 Y1: +15.7 X2: +5.0 Y2: +9.1 Total: 17.0 Total: 24.8	
03RA	i 175.0-35.0 CCW		<input type="checkbox"/> Automatic Static Angles Collimator Rotation Optimize between static angles	X1: +12.0 Y1: +15.4 X2: +4.7 Y2: +8.8 Total: 16.7 Total: 24.2	
04RA	i 35.0-300.0 CCW		<input type="checkbox"/> Automatic Static Angles Collimator Rotation Optimize between static angles	X1: +4.3 Y1: +16.8 X2: +13.0 Y2: +9.9 Total: 17.3 Total: 26.7	
Prefer Arc Segments or Static Angles			0: Balanced		

Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

RapidArc Dynamic Varian ?

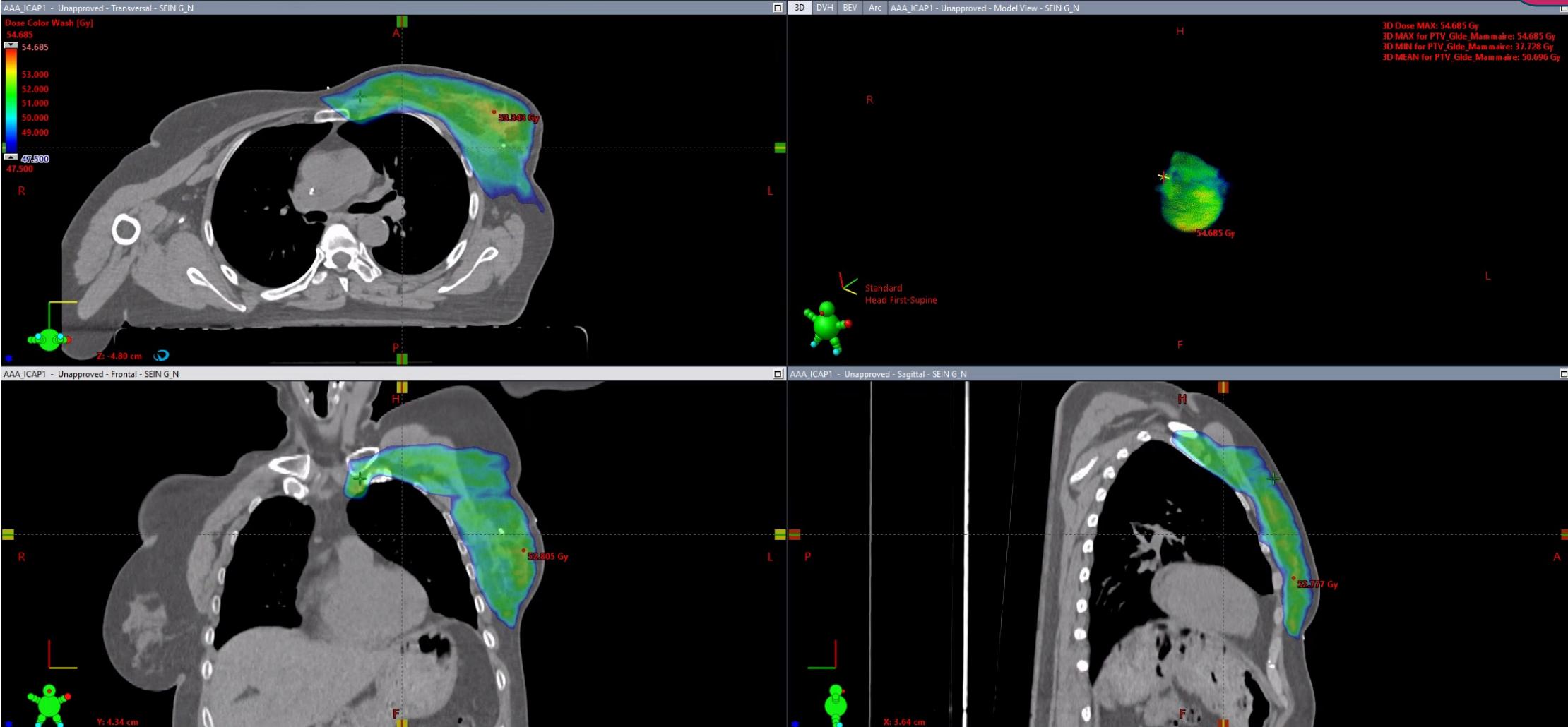


Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

• RAD

Isodose de prescription



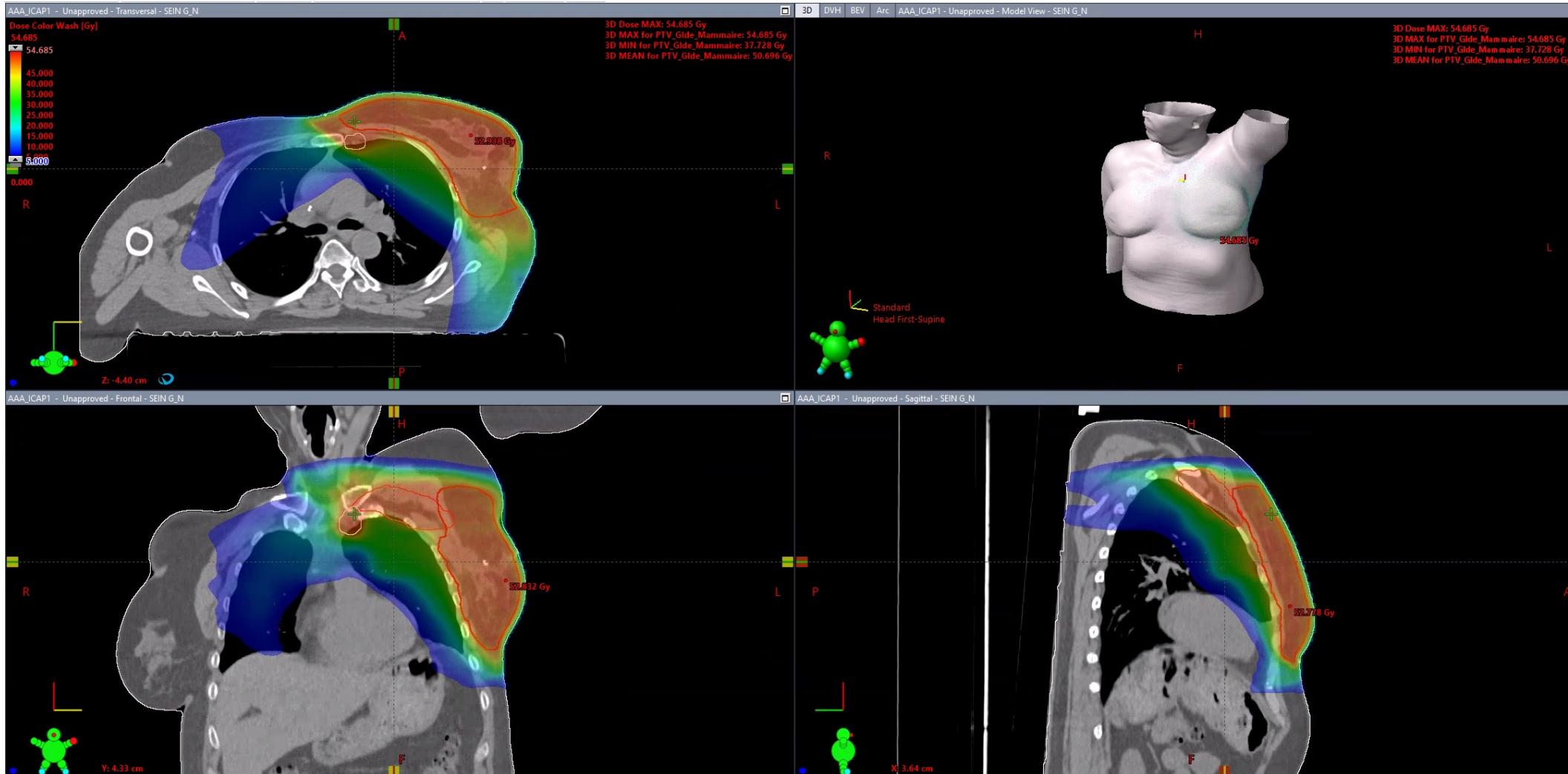
→ Meilleure homogénéité de dose / 3D-CRT

Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid Arc Dynamic

• RAD

Isodoses faibles



→ Faibles doses plus étendues / 3D-CRT : poumon controlatéral

Hybrid IMRT/Arc ou RapidArc Dynamic (RAD) Varian

Rapid
Arc
Dynamic

- RAD



+

•

○

Comparaison dosimétrique des techniques

+

•

○

Comparaison dosimétrique des techniques

- **Evaluation dosimétrique des techniques**

- Comparaison entre 3D-CRT / RapidArc / hybrid RapidArc
- 20 cas
- traitement du sein gauche
- 40,05 Gy en 15 fractions
- Optimisation telle que 95% de dose prescrite couvre 95% PTV

- **En 3D :**
 - 2 faisceaux tangentiels

- **En RapidArc :**
 - 3 arcs partiels (300°-145°)
 - Rotation collimateur : 5°, 355° & 90°

➤ [J Med Phys. 2025 Jan-Mar;50\(1\):93-99. doi: 10.4103/jmpjmp_108_24. Epub 2025 Feb 24.](#)

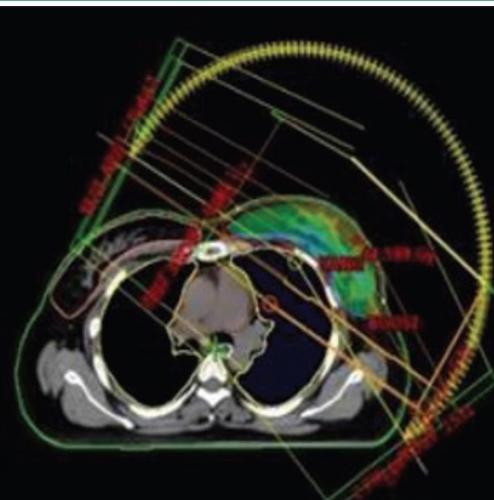
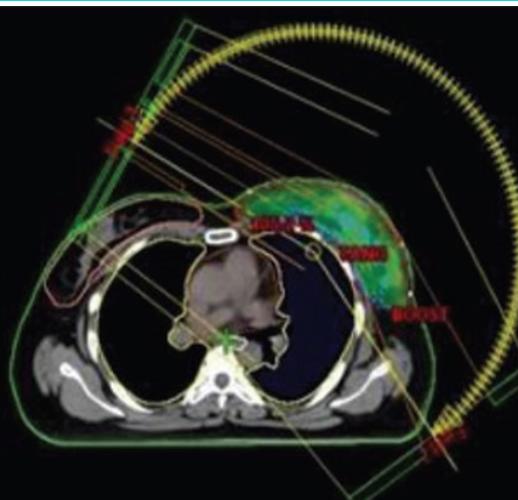
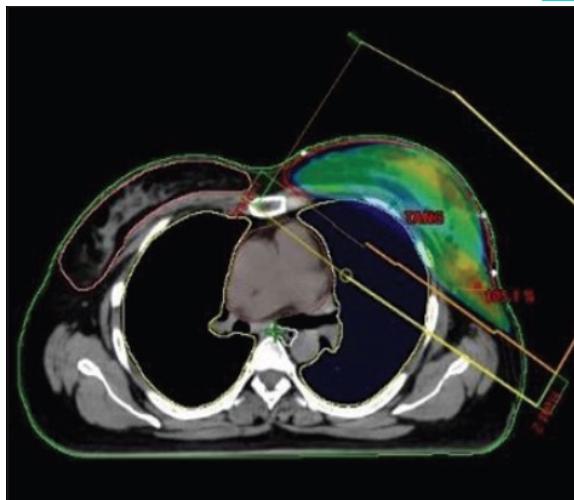
Dosimetric Evaluation of Three-dimensional Conformal Radiotherapy, RapidArc, and Hybrid RapidArc Radiotherapy Techniques for Left-sided Breast Cancer

Atul Mishra ¹, Neha Yadav ², Madhu Sharma ³, Kailash Kumar Mittal ¹, Surendra Prasad Mishra ⁴, Teerth Raj Verma ⁵, Shilpa Tiwari ⁶

Affiliations + expand

PMID: 40256194 PMCID: [PMC12005665](#) DOI: [10.4103/jmpjmp_108_24](#)

- **En hybrid RArc :**
 - Combinaison des 2 techniques précédentes
 - 60% 3D + 40% RArc



Comparaison dosimétrique des techniques

- Comparisons dosimétriques des techniques pour les volumes cibles

Table 1: Dosimetric parameters of the planning target volume (mean \pm SD) for the three different techniques, along with corresponding *P*-values

Parameters	3DCRT	RArc	h-RArc	ANOVA (<i>P</i>)	Post hoc (<i>P</i>)		
					3DCRT versus RArc	3DCRT versus h-RArc	RArc versus h-RArc
D _{95%} (Gy)	37.21 \pm 0.51	39.43 \pm 0.27	38.47 \pm 0.19	0.000	0.001	0.001	0.630
D _{mean}	40.22 \pm 0.39	39.68 \pm 0.44	39.78 \pm 0.29	0.000	0.001	0.002	0.635
D _{max}	43.26 \pm 0.28	43.06 \pm 1.25	42.63 \pm 0.87	0.080	0.746	0.712	0.288
D _{min} (Gy)	32.75 \pm 4.31	27.31 \pm 6.27	30.13 \pm 4.68	0.001	0.001	0.151	0.213
CI	0.54 \pm 0.12	0.92 \pm 0.11	0.89 \pm 0.04	0.000	0.000	0.000	0.536
HI	0.18 \pm 0.02	0.12 \pm 0.02	0.13 \pm 0.02	0.000	0.000	0.000	0.045
MU	312 \pm 11.20	820 \pm 11.17	508 \pm 13.17	0.000	0.000	0.000	0.000
BOT	0.55 \pm 0.01	1.31 \pm 0.02	0.81 \pm 0.21	0.000	0.000	0.000	0.000

D_{95%}: Dose to 95% of volume, D_{max}: Maximum point dose, D_{min}: Minimum point dose, CI: Conformity index, HI: Homogeneity index, MU: Monitor unit, BOT: Beam on time, 3DCRT: Three-dimensional conformal radiotherapy, RArc: RapidArc, h-RArc: Hybrid RArc

- D95% → RArc > H-RArc > 3DCRT
 - Dmax → H-RArc < RArc < 3DCRT
 - Dmin → RArc < H-RArc < 3DCRT
 - CI → RArc > H-RArc > 3DCRT
 - HI → RArc > H-RArc > 3DCRT
 - MU → RArc < H-RArc < 3DCRT
- 95% DP = 38,04 Gy

Comparaison dosimétrique des techniques

- Comparaisons dosimétriques des techniques pour les OAR

Table 2: Dosimetric parameters of the organs at risk (mean \pm SD) for the three different techniques, along with corresponding P-values

Parameters	3DCRT	RArc	h-RArc	ANOVA (P)	Post hoc (P)		
					3DCRT versus RArc	3DCRT versus h-RArc	RArc versus h-RArc
Heart D _{mean}	4.59 \pm 1.38	6.38 \pm 0.84	5.63 \pm 1.16	0.000	0.000	0.017	0.101
V _{10%}	9.57 \pm 4.12	14.00 \pm 3.64	11.72 \pm 4.19	0.003	0.002	0.213	0.175
V _{20%}	7.14 \pm 3.85	4.71 \pm 2.6	6.78 \pm 3.24	0.047	0.057	0.936	0.121
V _{35%}	3.48 \pm 2.48	0.17 \pm 0.43	0.25 \pm 0.43	0.000	0.000	0.000	0.985
LL D _{mean}	11.17 \pm 2.29	13.49 \pm 1.57	12.66 \pm 1.58	0.000	0.000	0.035	0.339
V _{5%}	47.63 \pm 11.35	83.18 \pm 5.31	72.71 \pm 9.83	0.000	0.000	0.000	0.001
V _{10%}	29.31 \pm 7.38	53.49 \pm 10.08	42.46 \pm 5.85	0.000	0.000	0.000	0.000
V _{20%}	23.72 \pm 7.16	21.82 \pm 6.49	23.09 \pm 6.61	0.666	0.650	0.954	0.822
RL D _{mean}	0.58 \pm 0.44	3.38 \pm 0.86	2.58 \pm 0.48	0.000	0.000	0.000	0.000
RB D _{mean}	0.34 \pm 0.17	3.19 \pm 1.15	2.26 \pm 0.19	0.000	0.000	0.000	0.000

Dmean: Mean dose, Daa%: Dose to aa percentage of volume, Vbb%: Volume covered by bb percentage of dose, LL: Left lung, RL: Right lung, RB: Right breast. 3DCRT: Three-dimensional conformal radiotherapy. RArc: RapidArc. h-RArc: Hybrid RArc

- D_{mean} cœur \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT
- V_{10%} cœur \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT
- V_{20%} cœur \rightarrow RArc < H-RArc < 3DCRT
- V_{35%} cœur \rightarrow RArc < H-RArc < 3DCRT
- D_{mean} poumon gauche \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT
- V_{5Gy} & V_{10Gy} poumon gauche \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT
- D_{mean} poumon droit \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT
- D_{mean} sein droit \rightarrow RArc > H-RArc > 3DCRT

Conclusion : H-RArc à favoriser du fait d'une couverture des PTV plus homogène et d'une meilleure épargne des OAR.

En plus :

- nombre d'UM réduit \rightarrow ttt plus court
- moins de faibles doses

Comparaison dosimétrique des techniques

- Comparaison sur un cas réalisé à l'ICAP

En 3D-CRT :

- PTV CMI & PTV Susclav
 - Critères de couverture non atteints
- Poumon HL sain
 - Critères dépassés mais dans nos tolérances secondaires

En VMAT (sur Halcyon) et en RAD (sur TrueBeam) :

- Tous les critères de couverture des PTV sont respectés
- Tous les critères d'épargne des OAR sont respectés et surtout protection pulmonaire
- Mais :
 - Dose au cœur > 3D-CRT
 - Plus d'irradiation faibles doses
 - glande mammaire CL
 - Poumon CL

L'arrivée de RAD sur Halcyon permettra une meilleure dosimétrie du fait de la très faible transmission du MLC

	3D-CRT	VMAT	RAD
PTV CMI			
D95% > 95%	34,93	98,41	95,67
Dmoy > 84%	83,06	102,61	101,40
D2% < 107%	103,41	106,61	104,82
Dmax < 110%	105,43	108,45	105,79
PTV glande mammaire			
D95% > 95%	93,66	96,20	95,78
Dmoy > 84%	101,57	101,30	101,39
D2% < 107%	106,95	105,21	105,88
Dmax < 110%	108,82	107,62	109,37
PTV susclav			
D95% > 95%	81,31	97,39	95,62
Dmoy > 84%	97,24	101,83	100,77
D2% < 107%	106,81	105,91	103,72
Dmax < 110%	108,74	108,45	105,35
Cœur			
Dmoy < 5 Gy	1,50	3,24	2,32
D2% < 42 Gy	5,05	8,26	6,48
Glande mammaire CL			
V5Gy < 15%	0,00	11,24	13,06
Poumon HL sain			
Dmoy < 15 Gy	16,59	11,38	13,53
V20Gy < 30%	33,19	18,84	29,39
V5Gy < 80%	56,95	69,08	60,11
Poumon CL			
Dmean < 5 Gy	0,26	4,67	4,80
PRV artère coronaire droite			
Dmoy < 10 Gy	0,39	1,88	1,54
PRV artère coronaire gauche			
Dmoy < 10 Gy	4,24	4,47	5,33
PRV tête humérale			
D90% < 20 Gy	1,20	1,73	2,16

+

•

○

Conclusion

+

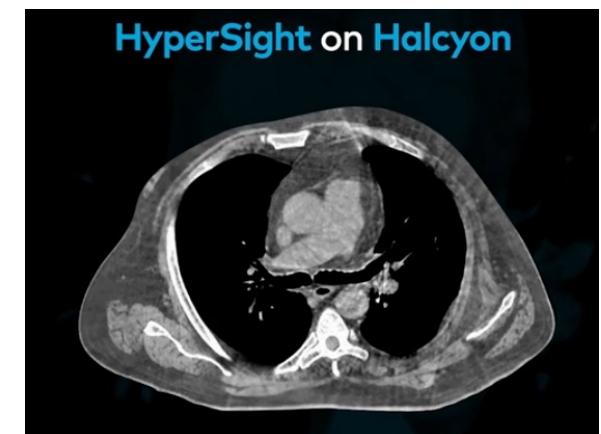
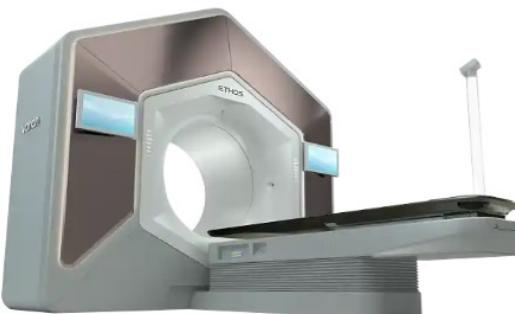
•

○

Conclusion

Les techniques de traitements du cancer du sein :

- Sont multiples :
 - 3D-CRT
 - IMRT bras fixe
 - VMAT
 - Hybrid IMRT/Arc / RAD
 - ...
- Peuvent être adaptées en fonction du traitement ou non des aires ganglionnaires et des patientes
- Ont beaucoup progressé dans les 2 dernières décennies
 - Mais ce n'est pas fini...
 - Arrivée d'Hypersight
 - ➔ Possibilité de CBCT en blocage respiratoire (6s d'acquisition)
 - ➔ simulation et traitement dans la même journée !
 - Radiothérapie adaptative



Merci pour votre attention

