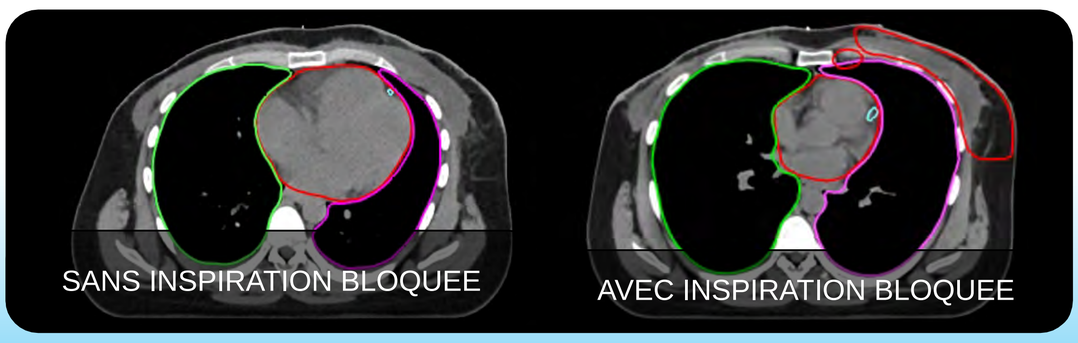
Eposter O01 : Irradiation VMAT du sein gauche : prédiction de la Dmax IVA issue d'une étude rétrospective de 12 mois et développement de séances FFF express anti-apnées

O Boissonnade[1], A Sors[1], A Garcia[1], M Michel[1], F Coste[2], C Garcia[2], S Garcia-Molina[2], M Merle[2], H Ouaz[2], L Bonvalet [2], A Berger[2]
(1) Service de Physique Médicale, CHU POITIERS, 2 Rue de la Milétrie, 86000, Poitiers, France
(2) Service de Radiothérapie, CHU POITIERS, 2 Rue de la Milétrie, 86000, Poitiers, France

Contexte

Lors d'irradiation du sein gauche avec et sans aires ganglionnaires en VMAT, la volonté de préserver strictement l'artère interventriculaire antérieure (IVA) peut compromettre la couverture des volumes cibles selon l'anatomie[1,2].
Le recours à l'inspiration bloquée (DIBH) permet de repousser mécaniquement le cœur hors du champ irradié, mais rallonge et complexifie la séance par la succession d'apnées.



Objectifs

1. Développer un modèle prédictif, à partir de critères anatomiques, de la dose maximale (Dmax) reçue par l'IVA afin d'orienter précocement les patientes vers le DIBH.

2. Réduire la durée des séances en DIBH en utilisant des faisceaux à très haut débit (1400 UM/min) pour diminuer le nombre d'apnées et améliorer le confort.



Méthodes

L'étude rétrospective a été menée pour 137 plans de traitement VMAT délivrés sur 12 mois en technique classique.

- **Analyse descriptive :** Pour chaque patiente, volumes de structures et doses (cibles et organes à risque) ont été extraits par script.

- **Analyse prédictive :** Après vérification de la normalité des données, des corrélations de Pearson ont été réalisées.

Un modèle prédictif hybride (régression + classification) a été entraîné sur une série indépendante pour estimer la Dmax à l'IVA. Ses performances (précision, spécificité, sensibilité, AUC) et l'écart moyen entre valeurs prédite/réelle ont été évalués.

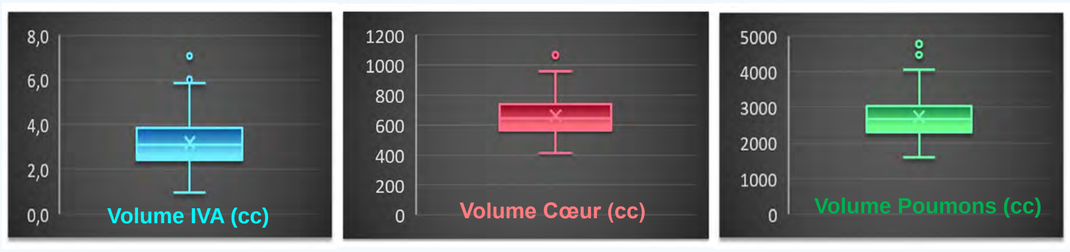
- **Optimisation du temps de traitement - Séances Express anti-apnées :**

La séquence du CBCT a été optimisée, en réduisant le temps d'acquisition et conservant les paramètres de qualité image identiques (le spectre d'amplitude du bruit(NPS) et la fonction de transfert de modulation(TTF) restent constants)

La configuration standard du traitement (2 arcs, 500 UM/min) a été remplacée par un arc unique en 6 MV FFF (1400 UM/min). Les durées d'acquisition d'images et de traitement ont été réduites de façon itérative, et le nombre d'apnées nécessaire a été calculé sur la base de 20s/apnée.

Résultats

- **Analyse des volumes cardio-pulmonaires :** Le coefficient de variation de l'IVA, du cœur et des poumons, est respectivement de ±36%, ±23% et ±18%.

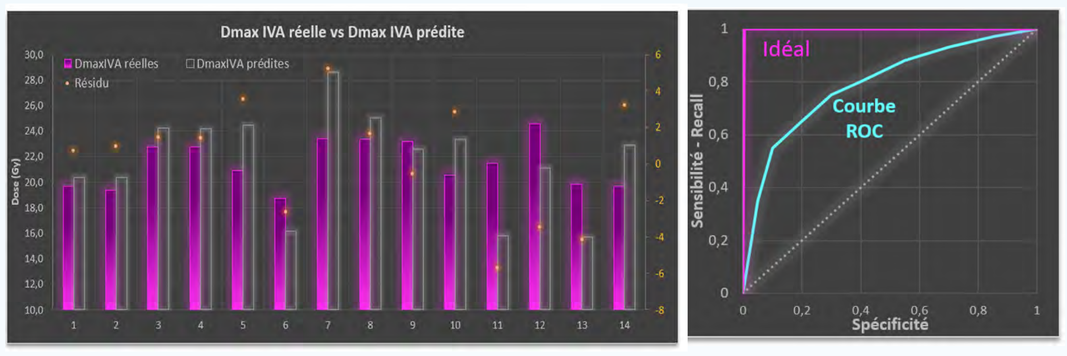


- **Analyse rétrospective du dépassement Dmax IVA en technique VMAT classique :** En 25 fractions, et tout en conservant la couverture de tous les volumes cibles, 21 % des plans dépassent 20 Gy, 8 % dépassent 23 Gy, 6 % dépassent 25 Gy et 2 % dépassent 30 Gy en Dmax IVA.

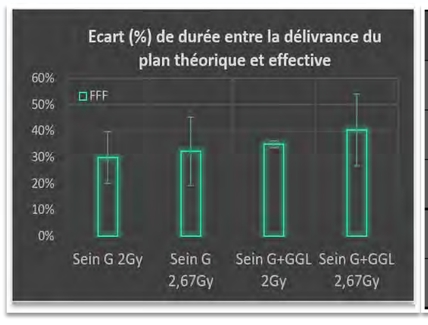
- **Corrélations :** Le dépassement de Dmax IVA est corrélé positivement à la dose moyenne du sein controlatéral (r = 0,999), à la D10 % du poumon controlatéral (r = 0,960) et à la dose moyenne du cœur (r = 0,955), et corrélé négativement au volume pulmonaire total (r = –0,965).

Intervalle extrêmes	20 Gy-Max	23 Gy-Max	25 Gy-Max	30 Gy-Max	TEST correlation	
Dmax IVA moyenne sur l'intervalle (Gy)	**23,7**	**26,9**	**29,0**	**34,0**	**Pearson**	**α**
Dmoyenne sein controlatéral (Gy)	3,2	3,4	3,6	3,9	**0,999**	**0,000**
Volume poumon (cc)	2575,2	2546,4	2418,7	2129,6	**-0,965**	**0,035**
D10% poumon controlatéral (Gy)	5,2	5,1	5,2	5,6	**0,960**	**0,020**
Dmoyenne cœur (Gy)	4,5	4,8	4,8	5,8	**0,955**	**0,045**
Volume IVA (cc)	3,1	3,1	3,3	3,7	0,943	0,057
Dmoyenne poumon homolatéral (Gy)	11,9	11,5	11,3	11,2	-0,923	0,038
D2% sein controlatéral (Gy)	9,8	9,8	9,5	11,6	0,809	0,095
Age moyen (an)	54,9	52,7	52,4	65,0	0,762	0,119
Volume cœur (cc)	649,7	627,5	622,5	672,6	0,494	0,506
Dmoyenne poumon controlatéral (Gy)	2,9	2,8	2,8	3,0	0,470	0,265

- **Modèle prédictif :** La précision, la spécificité, la sensibilité et l'AUC de la courbe ROC du modèle prédictif est égal respectivement à 92,9%, 100%, 83,3% et 0,791. L'écart moyen entre la Dmax prédite et réelle est de 2,7 Gy ± 1,6 Gy. Lorsque le volume pulmonaire total est inférieur à la valeur seuil de 2728 cc, le modèle hybride prédit un dépassement systématique sans erreur de la Dmax IVA.



- **Séances Express anti-apnées :** Avec l'optimisation des paramètres d'acquisition du CBCT et l'usage du mode FFF pour le sein VMAT, le nombre d'apnées à réaliser est divisé par 2,7.
- L'écart moyen de durée entre la délivrance du plan théorique et effective s'élève à +31,1%; sa valeur est peu influencée par le type de catégorie traitée.



6 MV	FF	FFF
Temps acquisition CBCT (s)	75	35
Temps de délivrance théorique TPS (s)	180	50
Temps de delivrance effectif machine (s)	240	75
Nombre d'apnées théoriques	13	5
Nombre d'apnées effectives	**16** $_{4+12}$	**6** $_{2+4}$

Discussion

L'IVA présente la plus forte variabilité volumétrique parmi les organes. Les patientes à faible volume pulmonaire total sont celles pour qui la technique DIBH apporte le plus de bénéfices en termes de protection de l'IVA, surtout en contexte de ressources limitées. Le volume pulmonaire seul suffit pour prédire un éventuel dépassement de Dmax. L'utilisation de faisceaux FFF à haut débit, couplée à l'optimisation du CBCT, diminue significativement le nombre d'apnées, améliorant le confort et la faisabilité.

Conclusion

Le modèle prédictif basé sur l'anatomie pulmonaire est prometteur pour identifier les patientes nécessitant le DIBH. L'emploi du FFF à 1400 UM/min optimise le temps de séance et le confort, facilitant le recrutement des patientes éligibles à la technique. Les VMAT de sein gauche avec et sans aires ganglionnaires en VMAT sont délivrés en clinique au CHU de Poitiers depuis Avril 2025 avec des faisceaux 6 MV FFF à 1400 UM/min en inspiration bloquée.

Références :
1. Noel G, Antoni D (2022) Organs at risk radiation dose constraints. Cancer Radiother. 26:59–75.
2. De Rose F, De Santis MC, Lucidi S et al. (2025) Dose constraints in breast cancer radiotherapy. A critical review. Radiother Oncol. 202:110591

46E JOURNÉES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE SÉNOLOGIE ET DE PATHOLOGIE MAMMAIRE – 19-21 NOVEMBRE 2025 – BORDEAUX