

Radiothérapie associée aux stimulateurs et défibrillateurs implantables

RÉSUMÉ

Cet article fournit aux oncologistes en radiothérapie, aux cardiologues, et aux électrophysiologistes les informations requises pour administrer des soins optimaux aux patients sous radiothérapie et porteurs de dispositifs cardiaques implantables.

L'article comprend ce qui suit :

- Effets possibles de la radiothérapie sur les dispositifs implantables
- Recommandations cliniques et indications de programmation du dispositif implantable
- Réponses aux questions fréquemment posées

DAI: Défibrillateur automatique implantable

CRT-D: Défibrillateur avec traitement par resynchronisation cardiaque

CRT-P: Stimulateur avec traitement par resynchronisation cardiaque

Produits CRM référencés*

Tous BSC ICDs, CRT-Ds, CRT-Ps, et Systèmes de stimulation, LATITUDE® Système Patient Management

*Les produits référencés ici peuvent ne pas être autorisés dans toutes les zones géographiques. Pour des informations complètes sur le fonctionnement du dispositif, se référer à la notice de l'emballage du produit.

CRM CONTACTS

Service Techniques - U.S.
1.800.CARDIAC (227.3422)
Tech.Services@bsci.com

Services Techniques - Europe
+32 2 416 7222
eurtchservice@bsci.com

Support Médecin LATITUDE
1.800.CARDIAC (227.3422)
latitude@bsci.com

Services Patients
1.866.484.3268 – U.S. et Canada
001.651.582.4000 – International

Un grand nombre de sources de radiations ionisantes sont habituellement utilisées pour le diagnostic et le traitement des pathologies ; l'impact de ces sources sur un dispositif cardiaque implanté, tel qu'un stimulateur ou un défibrillateur, varie de façon significative. Plusieurs sources de radiations thérapeutiques peuvent nuire ou endommager un dispositif implantable, y compris celles utilisées pour le traitement du cancer, tel que le cobalt radioactif, les accélérateurs linéaires, les graines radioactives et les bêta-trons. La plupart des outils de diagnostic, tels que la radiographie (rayons X) et la fluoroscopie, n'ont pas été identifiés en tant que sources d'interférences de dispositif implantable et ne causent pas de dommages. L'impact des radiations ionisantes peut également varier d'un dispositif implanté à un autre et cet impact peut aller d'une absence de modification du fonctionnement du dispositif à une perte de capture ou de traitement par défibrillation. Si un médecin choisit d'administrer une radiothérapie à un patient porteur d'un stimulateur cardiaque, DAI, CRT-D ou CRT-P, il est important de planifier par avance l'intervention et de prendre des précautions supplémentaires,¹ comme cela est indiqué sur la notice des stimulateurs et des défibrillateurs. Avant une séance de radiations thérapeutiques, les oncologistes en radiothérapie doivent consulter le cardiologue ou l'électrophysiologiste du patient pour développer des stratégies propres à chaque patient en matière de suivi de santé et vérifier le bon fonctionnement du dispositif pendant et après les sessions de traitement.

Facteurs déterminants l'impact de la radiothérapie sur les dispositifs implantables

Il est difficile de prévoir l'impact des radiations thérapeutiques sur les dispositifs implantés. Les divers facteurs déterminent collectivement l'impact de la radiothérapie sur un dispositif implanté. Parmi ces facteurs, on compte :

- Type de dispositif implanté
- Proximité du dispositif implanté par rapport au faisceau radiothérapeutique
- Type et niveau énergétique du faisceau radiothérapeutique
- Orientation du faisceau vers le dispositif implanté
- Débit de la dose
- Dose totale fournie
- Protection du dispositif implanté
- Anatomie et physiologie du patient
- Fréquence des radiothérapies
- Traitements et diagnostics en concomitance

En raison de cette variabilité, il n'est pas possible de préciser un dosage radiothérapeutique "sûr" ou d'assurer le bon fonctionnement du dispositif après l'exposition à la radiation ionisante.^{2,3}

Impact potentiel des radiations thérapeutiques sur les dispositifs implantables

Les radiations thérapeutiques, incluant les particules diffusées, peuvent avoir un effet négatif temporaire sur les composants électriques du dispositif implanté, tels que le microprocesseur ou la mémoire, avec pour conséquence une altération temporaire des fonctions du dispositif implantable.⁴ En outre, les effets accumulés de la radiothérapie dans des doses importantes (dose totale ou débit de la dose) risquent de dégrader en permanence les performances du dispositif implantable par rapport à ses caractéristiques techniques.⁵⁻⁷

Un ou plusieurs des comportements décrits dans le tableau 1 peut ou peuvent être observé(s) sur le dispositif implantable.

Tableau 1. Comportements potentiels temporaires ou permanents des dispositifs implantables liés à l'exposition aux radiations		
DAI/ CRT-D	Stimulateurs/ CRT-P	Comportements potentiels des dispositifs implantables (temporaires ou permanents)
■	■	État modifié du dispositif implantable (par exemple, indicateur de remplacement électif précoce)
■	■	Paramètres de stimulation modifiés (par exemple, amplitude de stimulation diminuée)
■	■	Inhibition de la stimulation - traitement par stimulation non délivré si requis
■		Paramètres de tachyarythmie modifiés (par exemple, énergie de choc)
■		Inhibition du traitement de tachyarythmie – traitement par choc non délivré si requis
■		Chocs inappropriés - traitement par choc délivré lorsqu'il n'est pas requis
■	■	Perte complète de la fonction du dispositif implantable
■		Retour au Mode Sécurité*, ou Safety Core*
	■	Retour au Mode Réinitialisation*
■		Perte de télésurveillance avec LATITUDE [®] , système de suivi à distance des patients

*Ces modes, désignés dans l'ensemble sous le nom de "Mode Sécurité" dans tout le reste de cet article, ont été conçus dans le but d'assurer la stimulation de secours et/ou le traitement par choc pour faire face à des situations où le fonctionnement normal du dispositif implantable n'est pas possible. Les spécificités du dispositif implantable varient selon sa gamme. Si activés, les Modes Réinitialisation et Sécurité rechargent le microprocesseur à partir d'une mémoire de sauvegarde protégée. De plus, le Safety Core utilise des circuits de secours indépendants au cas où le microprocesseur lui-même ne serait plus fonctionnel ; ce mode est moins susceptible d'être endommagé par les radiations.

La mémoire du dispositif implantable est le composant le plus sensible aux effets des radiations thérapeutiques que ce soit la radiation à faisceau direct ou par particules diffusées. Afin de minimiser les effets de la radiothérapie sur la mémoire, la plupart des dispositifs implantables CRM Boston Scientific comprennent des vérifications périodiques de mémoire sous forme d'auto-diagnostic afin d'identifier et corriger bon nombre d'erreurs de mémoire. Si le degré d'altération de la mémoire dépasse la capacité des algorithmes auto-correcteurs, les dispositifs implantables peuvent passer en Mode Sécurité ; ce mode est conçu pour assurer la protection permanente du patient en assurant la stimulation de base et/ou le traitement par choc. Dans d'autres situations, les effets de la radiothérapie peuvent causer des dommages plus importants et rendre indisponible le Mode Sécurité ce qui impliquerait la perte des traitements. L'exposition du dispositif implantable à toute source de radiothérapie plusieurs fois par jour augmente la probabilité qu'il passe en Mode Sécurité ou que cela cause des dommages permanents.

Recommandations cliniques

Planification à l'avance

Avant une séance de radiations thérapeutiques, les oncologistes en radiothérapie doivent consulter le cardiologue ou l'électrophysiologiste du patient pour développer des stratégies propres à chaque patient en matière de suivi de santé et vérifier le bon fonctionnement du dispositif pendant et après les sessions de traitement. La discussion sur les conditions actuelles du patient, telles que l'état pathologique, le type de dispositif implanté, et la tolérance du dispositif implantable aux interférences fonctionnelles préalablement décrites, aidera à optimiser la réussite du traitement radiothérapeutique en réduisant l'impact potentiel sur le dispositif implanté ou le patient.³ La possibilité de remplacer le dispositif doit être prise en compte pendant la planification anticipée car le fonctionnement du dispositif ne peut pas être garanti après l'exposition aux radiations thérapeutiques.

Lorsqu'un programme de radiothérapie est développé pour des patients porteurs d'un dispositif implantable, l'équipe de médecins doit envisager la meilleure méthode pour traiter la pathologie du patient, et protéger son dispositif implanté. L'accent devrait être mis sur la protection contre le matériel de radiothérapie et l'optimisation du champ de traitement, tout comme la cible, la direction et le niveau énergétique du rayonnement principal. Une estimation de la dose absorbée que le dispositif va recevoir peut être calculée. Aucune limite de dose totale ne peut être précisée pour une gamme de dispositifs implantables donnée du fait des variations indiquées ci-dessus ; cependant, les études cliniques fournissent certaines données à propos des effets du rayonnement ionisant.^{3,4,10,11} De plus, certaines études cliniques vont jusqu'à indiquer une dose totale maximale recommandée de 2 gray sur le dispositif implantable.^{3,11}

Protection

Pour réduire toute probabilité d'interaction avec la diffusion d'un faisceau principal ou d'une radiothérapie secondaire, envisager toutes les options de protection disponibles, tels que les deux protections internes sur l'équipement de radiothérapie sans oublier la protection externe pour le patient. La protection de la tête de la machine devrait être maximisée et le faisceau primaire ne devrait pas être dirigé directement sur le dispositif implantable. Si le faisceau ne peut pas être déplacé, l'équipe de médecins peut prendre en compte d'autres options comme décrites dans des études publiées, telles que déplacer le dispositif implantable à un autre endroit.^{3,9,11}

Le champ de traitement doit avoir la protection maximale requise indépendamment de la distance du faisceau primaire, en minimisant ainsi les effets potentiels des particules diffusées sur le dispositif implantable.¹²

Soins prodigués au patient pendant la séance de traitement

L'équipe de médecins devrait déterminer le niveau de surveillance le plus approprié au cours du traitement. Comme les conditions médicales et le type de dispositif implantable diffèrent d'un patient à un autre, le cardiologue ou l'électrophysiologiste doit donner des recommandations sur mesure pour chaque patient pour plus de sécurité. A titre d'exemple, un patient dépendant porteur d'un stimulateur peut avoir besoin d'une surveillance cardiaque continue au cours de chaque séance thérapeutique.³

Les indications de programmation pour éviter l'impact potentiel de la radiothérapie sur les dispositifs implantables figurent dans le Tableau 2.

Tableau 2. Indications sur la programmation du dispositif implantable		
Produits	Interactions potentielles	Indications de programmation
DAI et CRT-D	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhibition du traitement par stimulation ▪ Traitement par choc inapproprié ▪ Inhibition du traitement par choc 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En cas d'inhibition de stimulation, on peut avoir recours à un programmeur pour démarrer une stimulation asynchrone temporaire (VOO/AOO/DOO). <ul style="list-style-type: none"> ➢ Télémétrie avec antenne : l'antenne de télémétrie doit rester en place au-dessus du dispositif implanté et la séance doit être surveillée durant la stimulation asynchrone. ➢ Télémétrie sans antenne (RF ZIP™) : la séance de la télémétrie doit être surveillée et si besoin, utiliser l'antenne de télémétrie pour une séance avec antenne. ▪ Désactiver le traitement tachy. <ul style="list-style-type: none"> ➢ Programmez le Mode Tachy du dispositif implantable sur le Mode Activer la Protection Bistouri Electrique ou sur Arrêt Bistouri Electrique, si disponible. Dans ce mode, les fonctions de détection et de traitement des tachyarythmies sont désactivées, et le mode de stimulation passe à un mode asynchrone (VOO, AOO, ou DOO). ou ➢ Programmez le Mode Tachy de l'appareil sur Arrêt afin de l'inhiber temporairement, ou désactiver les traitements tachy.* Le mode de stimulation antibradycardique conserve sa programmation initiale.
Stimulateurs et CRT-P	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhibition du traitement par stimulation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un aimant peut être placé sur le dispositif implantable pour générer une stimulation asynchrone à la fréquence de l'aimant.† ou ▪ Le dispositif implantable peut être programmé sur un mode de stimulation asynchrone (VOO, AOO, ou DOO).
<p>REMARQUE : Si des modifications de programmation ont été effectuées, le dispositif implantable doit être reprogrammé aux paramètres désirés à la fin de la procédure chirurgicale. Réactivez le Mode Tachy (Surveillance + Traitement) sur les DAI et les CRT-D.</p> <p>REMARQUE : Si l'antenne de télémétrie est utilisée au cours de la séance, le programmeur doit être situé aussi loin que possible du faisceau principal.</p> <p>*L'utilisation d'un aimant dépend de la disponibilité de la fonction et de la programmation du dispositif implantable. Pour de plus amples informations, veuillez consulter les articles A Closer Look – intitulés "Utiliser un aimant pour suspendre ou désactiver le traitement tachy dans un DAI/CRT-D" et "Programmer un défibrillateur Boston Scientific pour suspendre le traitement tachy à l'aide d'un aimant".</p> <p>†Les stimulateurs Intermedics suivants restent dans le mode sous aimant durant 64 cycles complets seulement : COSMOS, DART, DASH, GALAXY, MARATHON, MOMENTUM®, NOVA, QUANTUM® II/III, RELAY, STRIDE®, SUPRIMA®, et UNITY.</p>		

Évaluation du fonctionnement du dispositif implantable après la séance de radiothérapie

Pour aider à minimiser le fonctionnement inattendu d'un dispositif implantable suite à une radiothérapie, Boston Scientific recommande en général une évaluation du dispositif implantable concerné après la radiothérapie. L'ampleur, la durée et la fréquence de ce bilan lié au système de radiothérapie dépend de l'état de santé actuel du patient, c'est pourquoi il doit être déterminé par le cardiologue ou l'électrophysiologiste présent. Un suivi post-thérapeutique complet peut comprendre

- Interrogation du dispositif implantable avec un programmeur
- Analyse des événements cliniques et des codes d'erreur
- Analyse du Registre des arythmies, incluant les électrogrammes mémorisés (EGM)
- Analyse des EGMs en temps réel
- Analyse, dans toutes les chambres, du seuil de stimulation, de l'amplitude intrinsèque et l'impédance de sonde
- Exécution d'un reformatage manuel des condensateurs (seulement pour les DAI et CRT-D) †
- Programmation des paramètres Brady en paramètres Brady permanents et reprogrammation ultérieure aux valeurs désirées
- Programmation du Mode Tachy sur un nouveau mode puis reprogrammation à la valeur désirée (exclusivement sur les DAI et CRT-D)
- Exécution d'un enregistrement complet sur disquette comprenant les emplacements de mémoire additionnelle

Si des anomalies sont constatées au cours de cette évaluation, veuillez contactez s'il vous plaît les Services Techniques ; un technicien peut demander que l'enregistrement complet sur disquette lui soit retourné pour analyse.

Si des modifications de programmation étaient effectuées, il est nécessaire de restaurer les paramètres souhaités sur le dispositif implantable avant de permettre au patient de quitter le centre. **Réactivez le Mode Tachy (Surveillance + Traitement) sur les DAI et les CRT-D.**

La santé du patient peut imposer le rythme des évaluations post-thérapeutiques du dispositif implantable (par exemple, la vérification régulière de la stimulation est importante pour un patient dépendant). Bon nombre de diagnostics du dispositif implantable se font automatiquement une fois par heure. Ainsi, le bilan du dispositif implantable ne peut être conclu avant que les diagnostics n'aient été actualisés et examinés, c'est-à-dire au moins une heure après l'exposition aux radiations.

Les effets de l'exposition du dispositif implantable aux radiations peuvent ne pas être détectés avant un certain temps après l'exposition. Par exemple, une panne causée par l'exposition aux radiations peut n'être découverte que lors de l'activation d'un paramètre du dispositif implantable plusieurs mois après la fin d'une radiothérapie. Par conséquent, les médecins doivent continuer à contrôler attentivement les fonctions du dispositif implantable et prendre les précautions qui s'imposent lors de la programmation d'un paramètre des semaines ou des mois après la radiothérapie.

†L'impact sur la longévité d'un reformatage manuel des condensateurs varie en fonction du dispositif implantable comme décrit sur la notice apposée sur le produit, et va de 5 à 19 jours pour chaque reformatage des condensateurs.

Questions Fréquemment Posées

- Q1. Pourquoi est-ce que Boston Scientific ne détermine pas un niveau de dosage radiothérapeutique qui serait considéré comme « sûr » ?**
- R1. Il est théoriquement possible de déterminer un niveau de dosage entraînant des dommages au niveau des circuits hardware. Cependant, la modification aléatoire de la mémoire ou des composants électriques du dispositif implantable par des particules diffusées (plutôt que des dommages physiques permanents) est un problème qui concerne essentiellement les dispositifs implantables récents, et il est difficile de prévoir un niveau de dosage.³ Les précautions à prendre pour réduire la diffusion (protection, orientation du faisceau, choix du niveau énergétique, modèle du champ de traitement, etc.) peuvent réduire de manière significative la probabilité de l'impact sur la mémoire du dispositif implantable. Certains dispositifs implantables sont sensibles à d'autres sources de radiothérapie qui ne sont pas des sources diffusées. Les neutrons thermiques, en particulier, peuvent être générés par les accélérateurs linéaires et ils peuvent nuire au comportement du dispositif implantable.^{4, 10} Comme il est impossible d'assurer la protection totale des dispositifs implantables contre les radiations ionisantes, ils seront toujours sensibles, dans une certaine mesure, aux effets d'une telle radiation, indépendamment du niveau énergétique ou de la distance du faisceau principal.
- Q2. Si vous ne pouvez pas évaluer le niveau de la dose de rayonnement « sûr », pouvez-vous au moins évaluer la distance « sûre » par rapport au faisceau principal ?**
- R2. Non. La probabilité que les particules de radiation diffusées perturbent le fonctionnement du dispositif implantable diminue très rapidement au fur et à mesure que la distance entre le site de l'implantation et le faisceau principal augmente. Par exemple, les rayons utilisés pour le traitement d'un cancer de la prostate auront probablement plus d'effets sur un dispositif implanté au niveau abdominal qu'un dispositif implanté au niveau pectoral. En dépit des précautions de distance et de protection, l'impact de la radiothérapie sur le dispositif implanté reste une possibilité,² et des précautions doivent être prises dans toutes les circonstances, indépendamment de la distance entre le site d'implantation et la localisation du faisceau.
- Q3. Que faire si le dispositif implanté est positionné dans la zone irradiée ?**
- R3. Une consultation avec le cardiologue ou l'électrophysiologiste du patient est recommandée. L'équipe médicale peut envisager de déplacer le dispositif à un autre endroit avant les séances de radiothérapie.^{9, 11} Cependant, le déplacement du dispositif implantable ne le protège pas totalement des dommages causés par les radiations. L'équipe médicale peut préférer modifier l'aspect thérapeutique et maximiser la protection, dans l'objectif de remplacer par la suite le dispositif implantable abîmé, une seule fois, à la fin du programme de radiothérapie.
- Q4. Les diagnostics des « tests automatiques » sont-ils en mesure de détecter et corriger tous les modes de panne induits par les radiations ?**
- R4. Non. Comme précédemment mentionné, de nombreuses perturbations mineures de la mémoire sont détectées et corrigées sans affecter le fonctionnement du dispositif implantable. Les perturbations majeures de la mémoire sont facilement identifiables par les diagnostics des tests automatiques mais elles peuvent dépasser la portée des algorithmes d'autocorrection. Dans ce cas, le Mode Sécurité peut être proposé afin de procurer un traitement ininterrompu. Il est possible qu'une perturbation temporaire des composants électriques ou une panne matérielle permanente empêche la détection du dysfonctionnement et l'action corrective (telle que la réparation de la mémoire ou le passage en Mode Sécurité). Dans ce cas, les diagnostics, les traitements et/ou la télémetrie peuvent ne pas être opérationnels. Le ou les emplacement(s) et l'ampleur des composants abîmés détermineront l'impact sur la fonctionnalité du dispositif implantable.
- Q5. Est-ce que les dispositifs implantables Boston Scientific/Guidant dont la mémoire est affectée passent en Mode Sécurité ?**
- R5. Non. Il y a également une possibilité de dommages permanents sur le dispositif implantable, et l'équipe médicale doit prendre en compte cette possibilité pendant le protocole du traitement et après le traitement pour l'évaluation du dispositif implantable.
- Q6. Que doit-on faire si l'on trouve un dispositif en Mode Sécurité ?**
- R6. Si les dispositifs implantables en Mode Sécurité peuvent continuer à assurer une stimulation de base et/ou un traitement par choc, ces dispositifs implantables doivent être remplacés lorsque le médecin le juge opportun pour le patient d'un point de vue clinique. Certains types de Modes Sécurité (en particulier le Safety Core) peuvent être moins sensibles aux dommages de l'exposition aux radiations que d'autres ; cependant, il est possible que cette exposition puisse nuire également à la mémoire de sauvegarde et/ou aux circuits liés au fonctionnement du Mode Sécurité. La programmation limitée ou la perte totale des fonctions d'interrogation/de programmation et de diagnostics peut conduire le cardiologue ou l'électrophysiologiste à recommander le remplacement du dispositif implantable lorsqu'il le juge opportun pour le patient d'un point de vue clinique. Jusqu'au remplacement, ces dispositifs implantables doivent être suivis attentivement pour vérifier la disponibilité des traitements.
- Q7. Comment le système LATITUDE[®], système de suivi à distance des patients, peut-il être utilisé pour surveiller des patients sous radiothérapie ?**
- R7. Le système LATITUDE[®], système de suivi à distance des patients, peut être un complément à l'évaluation clinique, mais si les dommages du dispositif implanté sont graves, il pourrait affecter la capacité du dispositif implantable à fournir des données au Communicateur LATITUDE. Le système LATITUDE, à son tour, peut ne pas être en mesure de renseigner tous les comportements possibles du dispositif implantable suite à une exposition aux radiations. Par exemple, le système LATITUDE peut ne pas être en mesure d'alerter immédiatement quant à l'état du dispositif implantable si la télémetrie RF ZIP et/ou la télémetrie induite est désactivée en raison de la radiothérapie. Cependant, si le Communicateur LATITUDE

ne peut ni détecter ni interroger un dispositif implantable pendant 14 jours, le système LATITUDE générera un message d'erreur de collecte des données qui peut avoir comme conséquence un message du centre d'appel LATITUDE au centre implanteur. De plus, le système LATITUDE ne peut pas être utilisé pour commander des fonctionnements diagnostiques, tels que des tests de seuil de stimulation ou des tests d'impédance de sonde ; il est également impossible d'utiliser ce système de suivi à distance des patients pour reprogrammer le mode du dispositif implantable, si besoin. Un suivi au sein du centre implanteur avec un programmeur est exigé pour exécuter ces fonctions. Il est important de remarquer que le télé-suivi par LATITUDE n'est actuellement pas disponible dans toutes les zones géographiques et pour tous les produits.

Q8. Que se passe-t-il si le dispositif est endommagé pendant la radiothérapie?

R8. Si un dispositif implantable est endommagé avant la fin du protocole de traitement, le cardiologue ou l'électrophysiologiste du patient doit prendre en considération toutes les options disponibles pour déterminer la meilleure ligne de conduite. Par exemple, si le patient est dépendant de son stimulateur, son remplacement immédiat peut être nécessaire, en tenant particulièrement compte de l'emplacement du nouvel implant (par rapport au site du faisceau principal). Si le patient n'est pas dépendant de son stimulateur, il peut être possible de retarder le remplacement du stimulateur jusqu'à la fin de toutes les séances de traitement.

Si un DAI ou un CRT-D est contrôlé et s'avère capable de fournir un traitement par choc en Mode Sécurité après chaque séance de traitement, il peut être approprié de retarder le remplacement du dispositif implantable jusqu'à la fin de toutes les séances de traitement.

Q9. Un crédit de garantie sera-t-il fourni pour tout dispositif implantable devant être remplacé suite à une radiothérapie ?

R9. Si l'appareil doit être remplacé suite à une irradiation et que sa période de garantie n'est pas encore arrivée à échéance, un crédit sera reversé selon les réglementations en vigueur sur le territoire où l'appareil a été vendu. Parmi les clauses du programme de garantie, le remplacement par un autre produit Boston Scientific, ainsi que le renvoi de l'appareil à Boston Scientific dans le temps imparti.

Q10. Dans quelle mesure les responsables commerciaux et cliniques de Boston Scientific sont-ils qualifiés pour vérifier le bon fonctionnement du dispositif implantable après la radiothérapie?

R10. Les représentants locaux de Boston Scientific sont extrêmement bien informés au sujet des caractéristiques fonctionnelles des dispositifs implantables de Boston Scientific. Ils sont souvent présents au moment de l'implantation et lors des séances de suivis ultérieures pour fournir des informations sur le fonctionnement du dispositif implantable. Toutefois, le support des représentants de Boston Scientific ne doit survenir que sous la direction du cardiologue ou de l'électrophysiologiste compétent, qui reste la personne autorisée à prescrire les traitements liés à la pathologie spécifique du patient.

¹Steidley KD, Steidley DE. Pacemaker /ICD Irradiation Policies in Radiation Oncology. Available at <http://irpa11.irpa.net/pdfs/4e26.pdf>. Accessed December 20, 2007.

²Mouton J, Haug R, Bridier A, Dodinot B, Eschwege F. Influence of high-energy photon beam irradiation on pacemaker operation. *Phys Med Bio.* 2002;47:2879-2893.

³Last A. *Radiotherapy in patients with cardiac pacemakers.* Br J Radiol.1998;71:4-9.

⁴Kobayashi H, Shiraishi K, Tsuchiya H, et al. Soft Errors in SRAM Devices Induced by High Energy Neutrons, Thermal Neutrons and Alpha Particles. *Electron Devices Meeting, 2002. IEDM Digest, International.* 2002:337-340.

⁵Normand E, Wert JL, Oberg DL, Majewski PR, Voss P, Wender SA. Neutron-Induced Single Event Burnout in High Voltage Electronics. *IEEE Transactions Nuclear Sci.* 1997; 44 (6): 2358-66.

⁶Normand E. Single Event Upset at Ground Level. Available at [www.boeing.com/assocproducts/radiationlab/publications/SEU at GroundLevel.pdf](http://www.boeing.com/assocproducts/radiationlab/publications/SEU%20at%20GroundLevel.pdf). Accessed December 20, 2007.

⁷Rodriguez F, Filimonov A, Henning A, Coughlin C, Greenberg M. Radiation-Induced Effects in Multiprogrammable Pacemakers and Implantable Defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol.*1991;12:2143-2153.

⁸Hurkmans C, Schmeets I, Uiterwaal H. In regard to Solan et al.: Treatment of patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy (Int J Radiat Oncol Biol Phys). *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2004;60:1662-1663.

⁹Solan A, Solan M, Bednarz G, Goodkin M. *Treatment of patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy.* Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2004;59:897-904.

¹⁰Wilkinson JD, Bounds C, Brown T, Gerbi BJ, Peltier J. Cancer-Radiotherapy Equipment as a Cause of Soft Errors in Electronic Equipment. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability.* 2005;5:449-451.

¹¹Marbach JR, Sontag MR, VanDyk J, Wolbarst AB. Management of Radiation Oncology Patients with Implanted Cardiac Pacemakers. American Association of Physicists in Medicine Report No. 45. 1994:85-89.

¹²Limacher MC, Douglas PS, Germano G, et.al. American College of Cardiology Expert Consensus Document: Radiation Safety in the Practice of Cardiology. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31:892-913.