



Prise en charge des patients porteurs de dispositifs électroniques cardiaques implantables en radiothérapie : Consensus de la Société Tunisienne d'Oncologie Radiothérapie et de la Société Tunisienne de Cardiologie et de Chirurgie Cardiovasculaire

Management of patients with cardiac implantable electronic devices (CIED) undergoing radiotherapy: A consensus document from the Tunisian Society of Oncology Radiotherapy and the Tunisian Society of Cardiology and Cardiovascular Surgery

Samia Zarraa¹, Fatma Dhoub², Afef Ben Halima³, Sana Ouali⁴, Rim Moujahed⁵, Sameh Tebra⁶, Zeyneb Jabbari⁴, Jamel Yahyaoui⁵, Wissal Jbara⁷, Mounir Besbes¹, Chiraz Nasr¹, Asma Belaïd¹, Jamel Daoud², Lilia Zakhama⁶, Lotfi Kochbati⁵

1 : Service de Radiothérapie, Institut Salah Azaïz, Tunis, Tunisie

2 : Service de Radiothérapie, Hôpital Habib Bourguiba, Sfax, Tunisie

3 : Service de cardiologie, Hôpital Abderrahmen Mami, Ariana, Tunisie

4 : Service des explorations fonctionnelles et de réanimation cardiologique, Hôpital La Rabta, Tunis, Tunisie

5 : Service de Radiothérapie, Hôpital Abderrahmen Mami, Ariana, Tunisie

6 : Service de Radiothérapie, Hôpital Farhat Hached, Sousse, Tunisie.

7 : Centre de Radiothérapie Ibn Khaldoun, Sousse, Tunisie

8 : Service de cardiologie, Hôpital des Forces de sécurité intérieure, La Marsa, Tunisie

RÉSUMÉ

La radiothérapie (RT) peut compromettre la fonction des dispositifs électroniques cardiaques implantables (CIED) à type de stimulateurs cardiaques (PM) ou de défibrillateurs automatiques implantables (DAI) et mettre ainsi en jeu le pronostic vital de ces patients.

La prise en charge de ces patients constitue un défi pratique et procédural et nécessite une approche multidisciplinaire structurée.

Ce document de consensus est rédigé par un groupe de travail multidisciplinaire impliquant des électro-physiologistes cardiaques, des radiothérapeutes et des médecins.

Il a pour objectif d'établir des recommandations sur la stratification des risques et sur les mesures/précautions à prendre avant, pendant et après les séances de radiothérapie chez les patients porteurs de CIED pour prévenir les dysfonctions des CIED associées à l'irradiation.

Mot clés: dispositifs électroniques cardiaques implantables, dysfonction, stimulateurs cardiaques, défibrillateurs automatiques implantables, prise en charge, radiothérapie, cancer

ABSTRACT

In patients with cardiac implantable electronic devices (CIEDs), including cardiac pacemakers (PM) and implantable cardioverter-defibrillators (ICD), radiotherapy (RT) could compromise CIED function.

Managing radiotherapy patients with CIED, has been a great practical and procedural challenge in radiotherapy and requires a structured multidisciplinary approach.

A consensus document is presented as a result of a multidisciplinary working group involving cardiac electrophysiologists, Radiation Oncologists and Medical physicists.

It aims to propose recommendations on risk stratification, management approach before, during and after radiation treatment/course of patients with CIED.

Key words: cardiac implantable electronic devices (CIED), device malfunction, pacemakers (PM), implantable cardioverter-defibrillators (ICD), patient management, radiotherapy, cancer.

Correspondance

Lotfi Kochbati

Service de Radiothérapie, Hôpital Abderrahmen Mami, Ariana, Tunisie

Email : lotfi.kochbati@yahoo.fr

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Le nombre de patients porteurs de dispositifs électroniques cardiaques implantables (CIED) ne cesse d'augmenter dans le monde pour prévenir le risque de mort subite [1,2]. D'un autre côté, la radiothérapie joue un rôle important dans la prise en charge multidisciplinaire des cancers [3]. En Tunisie, plus de 8000 patients par an reçoivent une radiothérapie dans les 11 centres de radiothérapies actuellement fonctionnels (5 centres dans le secteur public et 6 centres dans le secteur privé).

Selon la caisse nationale d'assurance maladie (CNAM), 1943 stimulateurs cardiaques définitifs et 79 **défibrillateurs automatiques implantables (DAI)** ont été implantés en Tunisie en 2020.

La radiothérapie, peut induire des dysfonctionnements des CIED particulièrement chez les patients dépendants de la stimulation cardiaque (stimulo-dépendants) ou bien ceux qui sont porteurs de défibrillateurs automatiques implantables.

Les patients porteurs de CIED et candidats à la RT **nécessitent** par conséquent des précautions particulières pour limiter les interférences induites par ces rayonnements ionisants.

Différents types de CIED sont rencontrés en pratique :

- Le stimulateur cardiaque, souvent appelé pacemaker (PM), est un dispositif qui délivre des impulsions électriques au cœur en cas de bradycardie en particulier les blocs auriculo-ventriculaires et les dysfonctions sinusales.
- Les systèmes de resynchronisation cardiaque (CRT) sont indiqués en cas d'insuffisance cardiaque à fraction d'éjection réduite avec des QRS larges.
- Le défibrillateur automatique implantable (DAI) cardiaque permet la détection et le traitement des troubles du rythme ventriculaire graves. Il est indiqué dans la prévention de la mort subite.

Ce consensus est écrit par les experts des deux sociétés, la Société Tunisienne d'Oncologie Radiothérapie (STOR) et de la Société Tunisienne de Cardiologie et de Chirurgie Cardiovasculaire (STCCCV), en se basant sur les données disponibles de la littérature mais aussi en tenant compte de l'environnement sanitaire local et les moyens de surveillance disponibles.

Il a pour objectif d'aider les cardiologues et les radiothérapeutes à offrir une prise en charge optimale et sécurisée aux patients porteurs de CIED qui sont candidats à un traitement par RT

CONSTITUTION ET FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES CARDIAQUES IMPLANTABLES (CIED)

1. Composition

Les CIED comportent

- Un boîtier (Figure 1)

Il est constitué d'une coque en titane renfermant la batterie et le circuit électronique, ainsi que d'une partie en plastique transparente, le connecteur (figure 1), permettant de brancher la ou les sondes. Il existe des boîtiers monochambres (une seule sonde pour une stimulation isolée de l'oreillette ou du ventricule), double chambres (une sonde atriale et une sonde ventriculaire pour une stimulation synchronisée des oreillettes puis des ventricules) et triple chambres (dans le but d'une resynchronisation cardiaque par une stimulation atrio-ventriculaire). Le boîtier du défibrillateur automatique implantable (DAI) est plus volumineux puisqu'il contient en plus un condensateur permettant d'emmagasiner l'énergie à délivrer pour le choc électrique interne.

Dans la majorité des cas, le dispositif est implanté dans la région pré-pectorale gauche, parfois en rétro-pectoral ou du côté droit ou même en intra-abdominal.



Figure 1. Exemple de boîtier de défibrillateur automatique implantable monochambre

- **Une ou plusieurs sondes de stimulation** (figure 2) qui seront placées dans les cavités (chambres) cardiaques correspondantes. Ces sondes sont souples et constituées d'un conducteur et d'une gaine isolante. Elles peuvent être unipolaires (une seule électrode distale), bipolaires (deux électrodes distales) ou quadripolaires (4 électrodes, pour la stimulation du ventricule gauche (VG)). Actuellement toutes les sondes implantées en Tunisie sont bipolaires ou quadripolaires.

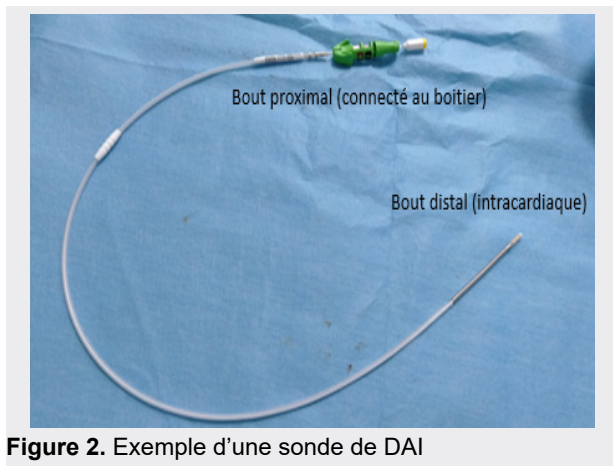


Figure 2. Exemple d'une sonde de DAI

Les stimulateurs modernes utilisent un dispositif complémentaire semi-conducteur d'oxyde de métal (Complementary Meta Oxide Semi-Conductor: CMOS) intégré à leurs circuits et qui leur confèrent plus de fiabilité avec une consommation d'énergie moindre, au prix d'une plus grande susceptibilité aux radiations [4].

2. Classification internationale de la stimulation cardiaque

Un code international a été établi selon les différents modes de stimulation cardiaque ce qui permet de comprendre très rapidement le mode de fonctionnement du stimulateur (Tableau 1). Ce codage est représenté généralement par 4 lettres [4].

Tableau 1. Classification internationale de la stimulation cardiaque

1^{ère} lettre : Site de stimulation
- O : Aucun
- A : Oreillette
- V : Ventricule
- D : Oreillette et Ventricule
2^{ème} lettre : Site de détection
- O : Aucun
- A : Oreillette
- V : Ventricule
- D : Oreillette et Ventricule
3^{ème} lettre : Mode de fonctionnement en cas de détection d'un QRS
- O : Aucun fonctionnement
- T : Triggered / Déclenché par une activité électrique (spontanée ou induite) déclenchant une stimulation
- I : Inhibition par une activité électrique spontanée (pas de stimulation)
- D : T + I (déclenché et inhibé)
4^{ème} lettre : Asservissement (R): Modulation de la fréquence de stimulation en fonction de l'intensité de l'activité physique (accélération de la fréquence en cas d'effort détecté par le stimulateur cardiaque)
- O : Asservissement désactivé
- R : Asservissement activé (adaptation de la fréquence cardiaque à l'effort)

Une 5^{ème} lettre traduisant la stimulation multisite est rarement marquée. Dans la pratique courante, les indications de la stimulation multisite concernent les deux ventricules seulement.

3. Fonctionnement

Les stimulateurs cardiaques sont programmables

- Ils ne fonctionnent que quand la fréquence des battements des ventricules ou des oreillettes est inférieure à la fréquence du stimulateur cardiaque (mode sentinelle)
- Ils sont asservis : ils stimulent à une fréquence qui s'accélère à l'effort (avec une limite maximale prédéfinie).
- Les systèmes de resynchronisation (CRT) permettent une capture permanente et généralement simultanée des deux ventricules pour réduire leur asynchronisme
- Les DAI permettent la détection des tachycardies et permettent la discrimination entre tachycardie supraventriculaire (TSV) et tachycardie ventriculaire (TV). Une thérapie appropriée; stimulation antitachycardique (ATP) ou choc électrique endocavitaire seront délivrés en fonction de la durée et de la fréquence de l'arythmie ventriculaire.

4. Nouveaux dispositifs implantables

Pacemaker sans sonde

Il s'agit d'un PM de petite taille ancré directement au myocarde ventriculaire (ventricule droit) non encore disponible en Tunisie. Très peu de données ont été rapportées dans la littérature sur ses interactions avec les radiations ionisantes. Par analogie les mêmes précautions que les autres CIED doivent être appliquées.

Holter implantable

Il s'agit d'un dispositif électronique implanté sous la peau pour enregistrer l'activité électrique du cœur. Son explantation est indiquée généralement au bout de 3 ans. Très peu de données sont disponibles sur ses interactions avec les radiations ionisantes.

EFFETS DES RADIATIONS IONISANTES SUR LE FONCTIONNEMENT DU CIED

1. Mécanismes et facteurs de dysfonctionnement radio-induit du CIED [6,7]

• Interférences électromagnétiques (IEM):

Elles surviennent quand les ondes électromagnétiques générées par l'accélérateur linéaire sont confondues avec les potentiels myocardiques.

Ces IEM sont en rapport étroit essentiellement avec la dose de la RT. Le risque étant une inhibition inadéquate de la stimulation ou une détection erronée d'une arythmie. Ces perturbations sont transitoires et s'arrêtent avec l'arrêt de la RT.

Pour les patients stimulo-dépendants, ces perturbations même transitoires peuvent induire des conséquences hémodynamiques (bradycardie, asystolie) par inhibition de la stimulation.

Pour le DAI, les IEM détectées peuvent engendrer un choc électrique inapproprié (Les IEM détectées comme étant un trouble du rythme ventriculaire).

• **L'effet de dose :**

La dose cumulative peut perturber le fonctionnement du PM en altérant la programmation du CMOS (Complementary Meta Oxide Semi-Conductor).

• **Le type d'énergie :**

Les neutrons produits par les photons de haute énergie (>10MV) et les protons peuvent altérer le fonctionnement du CMOS. Le dysfonctionnement occasionné par les radiations ionisantes peut être temporaire ou définitif incluant une réinitialisation partielle ou complète du dispositif, altérations des paramètres de programmation (atteinte du Software) ou une panne de l'appareil (atteinte du Hardware).

• **Rayonnements diffusés :**

Ils correspondent à la distribution de dose au-delà du champ d'irradiation. Ces rayonnements diffusés peuvent induire un dysfonctionnement des CIED malgré le faible niveau de dose

• **Effet du débit de dose :** (la dose absorbée par unité de temps)

Des dysfonctionnements graves peuvent être dus à un haut débit de dose (Modification du seuil de détection > 10%, défaut d'écoute du signal > 10 secondes ou défaut d'écoute permanente). Ces perturbations peuvent être graves chez les patients stimulo-dépendants.

En résumé, les facteurs les plus prédictors de dysfonctionnement des CIED sont la production de neutrons par les rayonnements de haute énergie (photons X >10MV), la dose totale et le débit de dose.

2. Conséquences du dysfonctionnement du CIED (particulièrement le pacemaker) [4]

Différents types de dysfonctionnement ont été décrits (Tableau 2)

L'exposition directe et la dose totale de radiation ont été considérées comme des facteurs responsables de dysfonctionnement principalement à partir de données provenant d'anciennes études in vitro.

Cependant, de grandes études observationnelles récentes suggèrent que le dysfonctionnement des CIED est rare. Il est généralement bien toléré, corrigé par simple programmation et ne nécessite pas de changement de générateur du CIED [9-12].

Tableau 2. Types et conséquences du dysfonctionnement des CIED

Types de dysfonctionnement	Conséquences cliniques
Inhibition de la stimulation - Transitoire (au début de la séance ++) - >10 sec / persistante+	- Asymptomatique - Syncope /Lipthymie / - Arrêt cardiaque par asystolie persistante
Modification du seuil de détection - < 10% de l'amplitude du signal - > 10% de l'amplitude du signal	- Sans conséquence clinique - Défaut d'écoute
Élévation du seuil de stimulation	- Défaut de stimulation
Déplétion rapide de la batterie	- Baisse de la longévité estimée du boîtier
Reset de la programmation du PM (Remis en programme d'usine)	- Asymptomatique - Décompensation cardiaque
Stimulation à la fréquence maximale d'asservissement (max sensor rate)	- Asymptomatique - Palpitations - Décompensation cardiaque

DOSE SEUIL D'IRRADIATION ET TYPES DE RAYONNEMENTS À L'ORIGINE DU DYSFONCTIONNEMENT DU CIED [4]

1. Dose seuil d'irradiation à l'origine du dysfonctionnement du CIED

Il existe une grande variabilité dans la sensibilité des différents dispositifs aux rayonnements ionisants ce qui rend difficile la détermination d'une dose seuil ou « dose safe ». Pour certains dispositifs des dommages ont pu être constatés même à une dose faible (≤2Gy). Pour d'autres dispositifs, une forte dose cumulée peut endommager le PM ou le DAI. La dose seuil qui peut nuire au CIED dépend du fabricant et du modèle du dispositif.

Il existe des recommandations proposées par chaque fabricant de CIED [14].

Le tableau 3 résume les recommandations des fabricants

et des prestataires de vente de CIED disponibles en Tunisie [15]

Tableau 3. Précautions proposées par les fabricants et les prestataires de vente de CIED disponibles en Tunisie concernant les doses acceptables de RT chez les patients porteurs de CIED

Fabricants	Recommandations des fabricants		
	Dose maximale (Gy)	« Shield »	Déplacement du boîtier
<i>Boston</i>	Pas de dose « safe »	Recommandé	Recommandé si le boîtier est dans le champ d'irradiation
<i>Abbott-St. Jude Medical</i>	Pas de valeur « cut-off »	Non mentionné	Recommandé si le boîtier est dans le champ d'irradiation
<i>Medtronic</i>	500 cGy (sauf les anciens modèles)	« Ne protège pas contre l'effet des neutrons »	Recommandé si le boîtier est dans le champ d'irradiation
<i>Biotronik</i>	≤ 10 MV (≤2 Gy en dose totale) Mais : Pas de dose « safe »	Recommandé	Non mentionné
<i>Microport</i>	Non mentionné	Recommandé	Recommandé si le boîtier est dans le champ d'irradiation

Une attention particulière doit **être observée** pour les traitements hypo fractionnés

2. Types de Rayonnements et interactions avec le CIED

Il faut tenir compte de la dose cumulée au CIED par les rayonnements primaires ou diffusés. Le risque est plus élevé avec les neutrons.

• Les neutrons :

Les neutrons induisent des dommages au niveau de la mémoire et des circuits électroniques du dispositif sans dégâts physiques (« software errors »). À l'extrême, ils peuvent induire une perte de la fonctionnalité (« latch up »)

• Les photons :

Il faut éviter les traitements aux photons d'énergie >10MV qui peuvent induire une production élevée de neutrons

• Les électrons :

L'électronthérapie génère peu d'interférences car elle produit peu de neutrons, même à haute énergie.

• Les protons et ions lourds :

Ils ont un transfert d'énergie linéique (TEL) élevé et sont à éviter. Actuellement, il n'existe pas en Tunisie d'irradiation par protons ou neutrons.

Ainsi, il est recommandé d'utiliser soit des photons de basse énergie (≤10 MV) soit des électrons. Si la contamination par les neutrons est inévitable, le flux de neutrons doit être minimisé en utilisant l'énergie de traitement la plus basse possible.

3. Imagerie embarquée

C'est une imagerie de contrôle de positionnement du patient avant et au cours du traitement de façon journalière, hebdomadaire ou bihebdomadaire.

Les images planaires kV et MV et les scanners de simulation ne dépassent pas un débit de 0,01 Gy/min et ne durent que quelques secondes. Ils sont donc bien tolérés et peu susceptibles de compromettre le CIED.

Cependant, les CBCT et TDM avec les procédures 4DCT délivrent un débit de dose > 0,01 Gy/min sur une période relativement longue durée. Le dispositif peut recevoir ainsi des débits de dose élevés pendant une longue période avec un risque d'erreur de détection. En pratique, l'impact de l'imagerie embarquée est faible, cependant, il est recommandé de tenir compte de la dose cumulée des différentes imageries et privilégier des champs de positionnement peu larges pour réduire le rayonnement diffusé et à plus de 5cm du dispositif dans la mesure du possible.

PRÉCAUTIONS À PRENDRE CHEZ UN PATIENT PORTEUR D'UN CIED

Plusieurs études observationnelles récentes suggèrent que le risque de dysfonctionnement est rare dans un contexte de radiothérapie [8].

Dans les rares situations de dysfonctionnement, le retentissement clinique est mineur et le trouble induit est facilement corrigé par une reprogrammation du CIED sans nécessité de changement de boîtier [8].

Il est cependant nécessaire de créer un protocole personnalisé de surveillance avant, pendant et après la radiothérapie pour chaque patient porteur de CIED. L'évaluation sera adaptée aux éléments suivants:

- L'état clinique du patient
- L'indication de la stimulation cardiaque,
- La stimulo-dépendance,
- Les paramètres de stimulation et de détection,
- Le type de rayonnement utilisé,
- Les doses prévues,

- La localisation du dispositif par rapport aux champs d'irradiation.

1. Avant la radiothérapie

- Une consultation est systématiquement organisée avec le rythmologue avant le début de la RT pour une évaluation complète du CIED et une stratification du risque de dysfonctionnement.

Une « Check List » doit être remplie avec les caractéristiques du CIED, particulièrement : les fréquences programmées (la minimale, la maximale, et celle de l'asservissement), le degré de dépendance du patient à la stimulation cardiaque ainsi que les antécédents d'arythmie ventriculaire grave

en cas de DAI [8].

- L'équipe de radiothérapie doit remplir la « Check List » en précisant l'énergie de l'irradiation, la dose estimée au niveau du CIED et la distance entre le CIED et le champ d'irradiation [8,14,16]. (Annexe 1)

• La classification du risque (tableau 4)

La classification du risque dépend [14,17,18]

- ✓ Des paramètres de la radiothérapie (type d'énergie, dose, débit...) et de la distance par rapport au champ de radiation
- ✓ De la dépendance à la stimulation en cas de PM
- ✓ Du type du CIED

Tableau 4. Classification du risque de dysfonctionnement des CIED

Risque bas	Risque intermédiaire	Risque élevé
Si tous les facteurs de risque bas sont réunis : <ul style="list-style-type: none"> ○ Dose cumulée estimée (pour le CIED) < 2 Gy ○ Type de rayonnement : <ul style="list-style-type: none"> ✓ X-Ray < 10MV ✓ Electron < 20MeV ○ Non stimulo-dépendant ○ Pas d'ATCDs d'arythmie ventriculaire grave 	Si les facteurs du risque bas ne sont pas tous réunis et ceux du risque élevé absents	Si au moins un des facteurs de risque élevé : <ul style="list-style-type: none"> ○ Dose cumulée estimée (pour le CIED) > 5 Gy ○ Type de rayonnement : <ul style="list-style-type: none"> ✓ X-Ray ≥10MV ✓ Electron ≥20MeV ✓ Proton; ions lourds (carbon-ion) ; neutrons ○ Patient stimulo-dépendant ○ ATCDs d'arythmie ventriculaire grave (DAI implanté en prévention secondaire) ○ ATCDs de choc approprié (par le DAI)

ATCD : antécédents, CIED : dispositifs électroniques cardiaques implantables

A part le risque de dysfonctionnement du CIED avec la RT, la répartition de la dose d'irradiation est modifiée en cas de proximité avec le CIED [19-21]. Ainsi, une distance minimale de 5cm entre le dispositif et la bordure du champ d'irradiation a été proposée [4, 22-24].

Plusieurs Sociétés Savantes recommandent de déplacer le CIED s'il se trouve dans ou en bordure du champ d'irradiation [8, 25, 26].

Mais en pratique, le repositionnement du CIED est rarement indiqué et doit faire l'objet d'une discussion pluridisciplinaire en tenant en compte du terrain (comorbidité, fragilité), du pronostic carcinologique et de l'intention curative ou palliative de la radiothérapie.

• Décision thérapeutique en fonction du risque

- Protocole standard

Avant de commencer la RT, plusieurs conditions doivent être respectées :

- ✓ Le centre de RT doit remplir les conditions nécessaires

à la prise en charge d'un patient porteur d'un CIED classé risque élevé: chariot d'urgence, formation d'un médecin radiothérapeute de l'équipe aux premiers gestes d'intervention et à l'interprétation de l'ECG (La mise en place d'un système de télécommunication entre rythmologue et radiothérapeute est encouragée).

- ✓ Un rapport détaillé (« Check List) doit être établi incluant les caractéristiques du CIED, la dose délivrée, la distance entre le dispositif et le bord du champ d'irradiation
- ✓ Le consentement éclairé du patient est exigé (informer le patient du risque de dysfonctionnement du dispositif et de la nécessité d'un suivi cardiologique plus rapproché...)

2. Pendant la radiothérapie

La prise en charge en cours de traitement dépend de la dose et de la dépendance du patient à son stimulateur cardiaque.

Le suivi ECG et télémétrique seront fait selon le tableau 5 et le tableau 6.

Tableau 5. Suivi ECG et télémétrie en fonction de la dépendance du patient à son stimulateur cardiaque et en fonction de la dose

	Dose ≤ 2 Gy	Dose] 2-5 Gy [Dose > 5 Gy
Patient non dépendant	ECG à faire ✓ Avant et après la première séance ✓ Mi-traitement ✓ Fin du traitement Télémétrie : avant, à la fin, 1, 3 et 6 mois	ECG à faire ✓ Avant et Après chaque séance de traitement pendant la première semaine, puis ECG par semaine ✓ Télémétrie avant, hebdomadaire, A la fin, puis à, 1, 3 et 6 mois	ECG à faire ✓ Avant et Après chaque séance de traitement pendant la première semaine, puis ECG par semaine ✓ Télémétrie avant, hebdomadaire, A la fin, puis à 1, 3 et 6 mois
Patient stimulo-dépendant	ECG à faire ✓ Avant et Après chaque séance de traitement pendant la première semaine, puis ECG par semaine Télémétrie avant, hebdomadaire, à la fin, puis 1, 3 et 6 mois	Idem pour patient non stimulo-dépendant	Déplacement du CIED Ou Discuter l'omission de la radiothérapie si palliative

Tableau 6. Précautions de programmation chez les patients stimulodépendants et ou porteur de défibrillateur automatique implantable

Stimulodépendant et risque élevé d'IEM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reprogrammation du CIED en mode asynchrone (DOO, VOO) avant chaque séance de radiothérapie, à défaut il est possible d'utiliser un aimant ou un stimulateur externe (avec les patchs thoraciques) sentinelle
Patient porteur de DAI	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Désactivation des thérapies pour les DAI par télémétrie quel que soit le schéma utilisé par les radiothérapeutes et réactivé après chaque séance Ou ✓ Utilisation d'un aimant (90-130 Gauss) pour les DAI (pour éviter la désactivation manuelle)

CIED : dispositifs électroniques cardiaques implantables, DAI : défibrillateur automatique implantable, IEM : interférences électromagnétiques,

Dans tous les cas, la présence d'un médecin avec le chariot d'urgence est requise pendant le déroulement de chaque séance. En cas d'urgence, le réanimateur de l'unité de soins intensifs cardiologiques est contacté.

3. Après la radiothérapie

Une évaluation complète du fonctionnement du CIED doit être effectuée à la fin de la de RT [8,25].

Le suivi rythmologique après la fin du traitement par RT est indiqué quel que soit le risque de dysfonctionnement. Un contrôle par télémétrie en fin de traitement, puis à 1, 3 et 6 mois est indiqué (Figure 3)

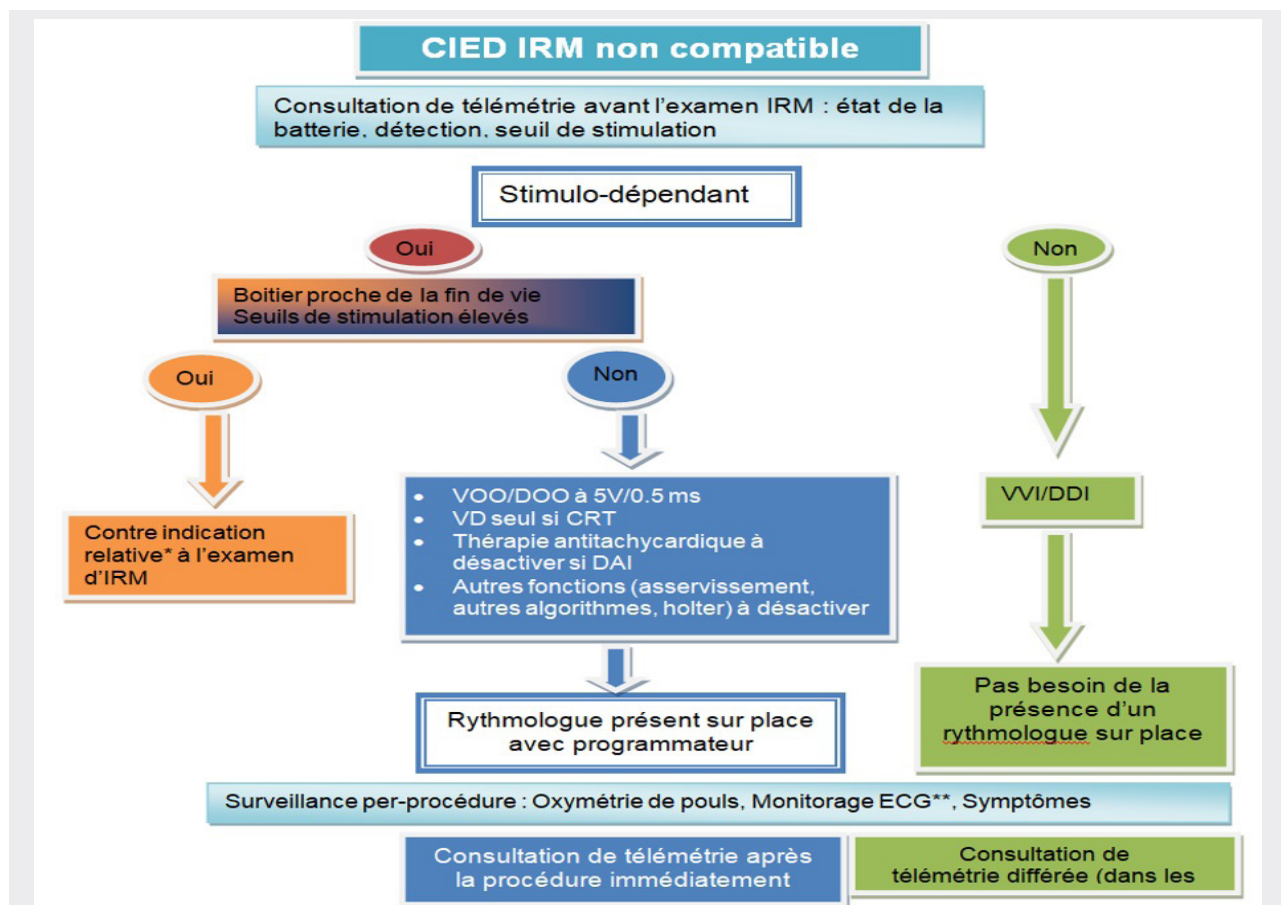


Figure 3. Algorithme de la prise en charge et suivi des patients porteurs de CIED et qui vont bénéficier d'une radiothérapie.

CONCLUSION

Malgré le grand nombre de patients porteurs de CIED et nécessitant un traitement par RT, les données concernant les dysfonctionnements des CIED secondaires à la RT sont relativement rares [8,27].

Ce consensus propose un parcours de soins pour les patients porteurs de CIED nécessitant une RT. Il est basé sur les données de la littérature et adapté au système sanitaire en Tunisie.

Une évaluation avant, pendant et après la radiothérapie est préconisée en étroite collaboration entre les oncologues radiothérapeutes et les rythmologues

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

RÉFÉRENCES

1. Mond HG, Irwin M, Ector H, Proclemer A. The world

survey of cardiac pacing and cardioverter-defibrillators: calendar year 2005 an International Cardiac Pacing and Electrophysiology Society (ICPES) project. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2008;31:1202–1212.

2. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, Breithardt OA, Cleland J, Deharo JC, Delgado V, et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC) Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA) *Eur Heart J.* 2013;34:2281–2329.

3. Delaney G, Jacob S, Featherstone C, Barton M. The role of **radiotherapy** in cancer treatment: estimating optimal utilization from a review of evidence-based clinical guidelines. *Cancer.* 2005 Sep 15;104(6):1129-37.

4. Miften M, Mihailidis D, Kry SF et al. Management of radiotherapy patients with implanted cardiac pacemakers and defibrillators: A report of the AAPM TG-203. *Med Phys* 2019;46:e757–e88

5. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD, Hayes DL, Lüderitz B, Reynolds DW, Schoenfeld MH, Sutton R. The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. *North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. Pacing Clin Electrophysiol.* 2002 Feb;25(2):260-4.
6. Bitterman DS, Zei PC, Mak RH. Radiation Safety and Cardiovascular Implantable Electronic Devices *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2018 Oct 1;102(2):243-246.
7. Yeung C, Chacko S, Glover B, Campbell D, Crystal E, Ben-Dov N, Baranchuk A, Radiotherapy for Patients with Cardiovascular Implantable Electronic Devices: A Review, *Can J Cardiol.* 2018;34(3):244-251
8. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, Alkmim-Teixeira R, Birgersdotter-Green U, Clarke GD, et al. 2017 HRS expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm.* 2017; 14(7):e97–e153.
9. Brambatti M, Mathew R, Strang B, et al. Management of patients with implantable cardioverter-defibrillators and pacemakers who require radiation therapy. *Heart Rhythm* 2015;12(10):2148–2154.
10. Grant JD, Jensen GL, Tang C, et al. Radiotherapy-induced malfunction in contemporary cardiovascular implantable electronic devices: clinical incidence and predictors. *JAMA Oncol* 2015;1(5):624–632. 105.
11. Makkar A, Prisciandaro J, Agarwal S, et al. Effect of radiation therapy on permanent pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator function. *Heart Rhythm* 2012;9(12):1964–1968.
12. Zaremba T, Jakobsen AR, Sogaard M, et al. Risk of device malfunction in cancer patients with implantable cardiac device undergoing radiotherapy: a populationbased cohort study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2015;38(3):343–356.
13. Kazuhiko Nakamura, Takahiro Aoyama, Naoki Kaneda, Masashi Otsuji, Yoshitaka Minami, Ami Sakuragi, Masaru Nakamura. Effect of X-ray dose rates higher than 8 Gy/min on the functioning of cardiac implantable electronic devices. *J Radiat Res.* 2020 May; 61(3): 419–425.
14. Ohno T, Soejima T, Sekiguchi Y, Hashimoto T, Koike I, Matsubara H, et al. JASTRO/JCS Guidelines for radiotherapy in patients with cardiac implantable electronic devices. *J Radiat R.* 2021;62(1):172–184.
15. Michael Glikson, Jens Cosedis Nielsen, Mads Brix Kronborg, Yoav Michowitz, Angelo Auricchio. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: supplementary data. *European Heart Journal.* 2021; 42, 1-32
16. Huertas A, Thuillot M, Bibault J-E, Sharifzadehgan Laurans A, Giraud P, et al. Prise en charge des patients porteurs de stimulateurs cardiaques ou défibrillateurs automatiques implantables traités par irradiation. *Cancer Radiother* (2018).
17. Zecchin M, Severgnini M, Fiorentino A, Malavasi VL, Menegotti L, Alongi F, et al. Management of patients with cardiac implantable electronic devices (CIED) undergoing radiotherapy: A consensus document from Associazione Italiana Aritmologia e Cardiolazione (AIAC), Associazione Italiana Radioterapia Oncologica (AIRO), Associazione Italiana Fisica Medica (AIFM). *Int J Cardiol.* 2018; 255:175-183.
18. Grant JD, Jensen GL, Tang C, Pollard JM, Kry SF, Krishnan S, et al. Radiotherapy-induced malfunction in contemporary cardiovascular implantable electronic devices: clinical incidence and predictors. *JAMA Oncol.* 2015;1(5):624–32.
19. Gossman MS, Wilkinson JD, Mallick A. Treatment approach, delivery, and follow-up evaluation for cardiac rhythm disease management patients receiving radiation therapy: retrospective physician surveys including chart reviews at numerous centers. *Med Dosim.* 2014;39(4):320–4.
20. Sung W, Kim S, Kim JI, Lee JG, Shin YJ, Jung JY, et al. Dosimetric perturbations due to an implanted cardiac pacemaker in MammoSite((R)) treatment. *Med Phys.* 2012;39(10):6185–91.
21. Peet SC, Wilks R, Kairn T, Crowe SB. Measuring dose from radiotherapy treatments in the vicinity of a cardiac pacemaker. *Phys Med.* 2016;32(12):1529–36.
22. Wadasadawala T, Pandey A, Agarwal JP, Jalali R, Laskar SG, Chowdhary S, et al. Radiation therapy with implanted cardiac pacemaker devices: a clinical and dosimetric analysis of patients and proposed precautions. *Clin Oncol (R Coll Radiol).* 2011;23(2):79–85.
23. Makkar A, Prisciandaro J, Agarwal S, Lusk M, Horwood L, Moran J, et al. Effect of radiation therapy on permanent pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator function. *Heart Rhythm.* 2012;9(12):1964–8.
24. Munshi A, Agarwal JP, Pandey KC. Cancer patients with cardiac pacemakers needing radiation treatment: a systematic review. *J Cancer Res Ther.* 2013;9(2):193–8.
25. Gauter-Fleckenstein B, Israel CW, Dorenkamp M, Dunst J, Roser M, Schimpf R, et al. DEGRO/DGK guideline for radiotherapy in patients with cardiac implantable electronic devices. *Strahlenther Onkol Organ Dtsch Rontgengesellschaft* 2015;191:393–404.
26. Barillot I, Mazon R, Mornex F, Giraud P. Patients porteurs d'un stimulateur cardiaque ou d'un défibrillateur implantable. *Cancer Radiother* 2016;20:S256–8.
27. Sharifzadehgan A, Laurans M, Thuillot M, Huertas A, Baudinaud P, Mirabel M, Bibault JE, et al. Radiotherapy in Patients with a Cardiac Implantable Electronic Device. *Am J Cardiol.* 2020;128:196-201.

ANNEXE 1

Check list pour la préparation d'un traitement par radiothérapie

Nom : Prénom :

Radiothérapeute référant : Cardiologue référant :

A remplir par l'équipe de rythmologie

- 1- Date d'implantation du CIED
- 2- Primo-implantation [] ; Changement de boîtier []
- 3- Indication initiale du CIED :
- 4- Caractéristiques cliniques du patient
 - a. Stimulo-dépendant : Oui [] ; Non []
- 5- Paramètre du CIED
 - a. Marque et modèle :
 - b. Type du CIED : CRT-D [] ; CRT-P [] ; DAI [] ; PM []
 - c. Mode de stimulation :
 - d. Fréquence maximale de stimulation (avec l'asservissement) :
 - e. Fréquence minimale de stimulation :
 - f. Seuil de stimulation : Normal [] ; Elevé [] (valeur :)
 - g. Seuil de détection : Normal [] ; Bas [] (valeur :)
 - h. Impédance (sonde/choc) : Ω
 - i. Tension de sortie du CIED :
- 6- Type de surveillance
 - a. Indication à un déplacement du CIED : Oui [] ; Non []
 - b. Timing de la télémétrie pendant la radiothérapie
 - ✓ Après chaque séance : Oui [] Non []
 - ✓ /semaine : Oui [] Non []
 - ✓ /mois : Oui [] Non []
 - ✓ A la fin de la RT : Oui [] Non []
 - c. Pendant la séance de radiothérapie
 - i. Tracé ECG continu : Oui [] ; Non []
 - ii. Surveillance des paramètres vitaux : Oui [] ; Non []
 - iii. Télémétrie (après la séance) : Oui [] ; Non []

A remplir par l'équipe de la radiothérapie

- 1- Energie de rayonnement :
- 2- Dose par fraction : Gy ?
- 3- Dose cumulée maximale estimée : <2Gy : [] ; 2-< 5Gy : [] ; > 5Gy : []
- 4- Production secondaire de Neutron : Oui [] ; Non []
- 5- CIED dans les champs d'irradiation :
 1. Oui []
 2. Non [] ; la distance entre le CIED et le bord du champ d'irradiation
- 3- Localisation du CIED par rapport aux imageries de contrôle du positionnement

Classification du risque du patient

Risque faible [] Risque intermédiaire [] Haut risque []