

## Quelle conduite tenir après l'implantation d'un défibrillateur cardiaque chez un travailleur exposé aux champs magnétiques ?

I. MAGNE<sup>1</sup>, M. SOUQUES<sup>2</sup>, M. HÉRO<sup>3</sup>

(Manuscrit reçu le 12 juillet 2006, accepté le 2 janvier 2007)

**RÉSUMÉ** Un défibrillateur automatique implantable (DAI) a été implanté chez un travailleur d'EDF potentiellement exposé à un champ magnétique 50 Hz élevé. Le fonctionnement du DAI peut théoriquement être perturbé par les expositions aux champs magnétiques rencontrées au cours de l'activité professionnelle. À partir de cette étude de cas, nous présentons une approche pour évaluer l'aptitude au travail dans ce type de situation. Le protocole consiste à mesurer le champ magnétique aux différents endroits où le travailleur est susceptible d'aller au cours de son activité professionnelle, et en sa présence, à surveiller en même temps le fonctionnement du DAI. Il s'agissait d'un DAI de marque Medtronic, programmé en mode bipolaire. Dans les différents lieux, le champ magnétique maximum mesuré au niveau du DAI a été de 650  $\mu$ T. Aucun dysfonctionnement n'a été enregistré en mode bipolaire. Suite à ces mesures et contrôles du DAI, l'agent a été déclaré apte et a repris ses fonctions professionnelles antérieures. Deux ans après, aucun incident n'a été rapporté.

**ABSTRACT** Determining fitness to work after implantation of a cardiac defibrillator in a worker exposed to magnetic fields.

An EDF worker potentially exposed to high-intensity 50 Hz magnetic fields had a cardiac defibrillator implanted. Theoretically its operation could be disturbed by magnetic field exposure at work. We use this case study to present an approach to evaluating work safety and the worker's fitness in such situations. The protocol consisted of measuring the magnetic field at the different places where the worker performed his job duties, in his presence, and simultaneously monitoring the operation of the device. The Medtronic device was programmed in bipolar mode. Throughout the workplace, the maximal magnetic field intensity measured at the device level was 650  $\mu$ T. No dysfunction was recorded in bipolar mode. Following these measurements and device controls, the worker was declared fit and resumed his previous job. Two years later, no incident has been reported.

**Keywords:** magnetic field / implanted cardiac defibrillator / risk analysis

<sup>1</sup> EDF, R&D, Laboratoires des matériels électriques, avenue des Renardières, 77818 Moret-sur-Loing, France.

<sup>2</sup> EDF-Gaz de France, Service des études médicales, 22-28 rue Joubert, 75009 Paris, France.

<sup>3</sup> MEDTRONIC France, 122 avenue du général Leclerc, 92514 Boulogne-Billancourt Cedex, France.

## 1. Introduction

Il est bien connu que les champs électromagnétiques peuvent perturber le fonctionnement des implants médicaux actifs. De nombreuses études ont été menées sur les stimulateurs cardiaques (ou pacemakers), mais elles concernent surtout le champ électrique (Butrous *et al.*, 1983 ; Kaye *et al.*, 1988 ; Astridge *et al.*, 1993 ; Toivonen *et al.*, 1991). Quelques études se sont intéressées au champ magnétique chez des personnes implantées en exposition réelle (Souques *et al.*, 2002 ; Trigano *et al.*, 2005). Ces études tendent à montrer l'absence de risque pour les niveaux de champs magnétique rencontrés dans la vie courante, mais peu de données existent pour les situations d'exposition professionnelle au champ magnétique. Concernant les défibrillateurs automatiques implantables (DAI), le risque est moins bien connu. Aucune étude à grande échelle sur des personnes implantées en exposition réelle au champ magnétique n'a été publiée. Il est vrai qu'il s'agit d'une technologie plus récente, et moins couramment utilisée que les stimulateurs cardiaques. Cependant, elle concerne plus souvent des personnes plus jeunes que pour les stimulateurs cardiaques et exerçant encore une activité professionnelle.

Dans le monde industriel, les travailleurs peuvent être exposés à des champs magnétiques plus élevés que dans la vie courante, comme par exemple dans une usine de production d'électricité. D'après la directive 2004/40/CE sur l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques, l'employeur doit prendre en compte dans son analyse de risque les travailleurs à risque particulier comme les porteurs d'implants médicaux. Le respect des valeurs limites d'exposition définies dans cette directive ne garantit pas le bon fonctionnement de l'implant. Nous présentons ici une méthode utilisable par un employeur pour mener l'analyse de risque dans le cas d'un travailleur porteur d'un implant.

## 2. Objectif

Dans le cas que nous présentons ici, un médecin du travail a été confronté au cas d'un agent EDF travaillant dans des usines hydroélectriques et responsable de la maintenance de celles-ci, chez qui un DAI avait été implanté. Il s'agissait d'un DAI simple chambre, de marque Medtronic, modèle Marquis<sup>TM</sup> VR 7230. Le médecin du travail s'est alors posé la question de l'aptitude de la personne au poste de travail, puisque le fonctionnement du DAI pouvait être perturbé par les champs magnétiques 50 Hz au cours de son activité professionnelle. Nous présentons ici la méthode utilisée pour analyser le risque dans cette situation.

### 3. Méthodologie

La méthode consiste à faire une analyse de risque particulière à la personne porteur d'un implant. Des mesures de champ magnétique sont réalisées *in situ*, c'est-à-dire au poste de travail du porteur d'implant, et en présence de celui-ci. Dans le même temps, le comportement de l'implant est analysé. La méthode proposée implique donc la création d'une équipe pluridisciplinaire réunissant :

- le cardiologue du porteur de l'implant avec un matériel de réanimation,
- le fabricant de l'implant avec le matériel de télémétrie permettant d'analyser son comportement,
- un ingénieur et un technicien pour réaliser les mesures de champ magnétique,
- le médecin du travail,
- le porteur de l'implant.

Les mesures de champ magnétique sont à réaliser en partant des champs magnétiques les plus faibles pour aller vers le niveau de champ le plus élevé auquel le porteur de l'implant peut être soumis. Avant de faire les mesures *in situ*, l'ingénieur doit avoir déterminé où sont les sources de champs magnétiques et dans quel ordre les mesures doivent être réalisées.

#### 3.1. Mesures de champ magnétique

Les mesures se sont déroulées en juillet 2004. Au cours de la journée, tous les lieux où le porteur de l'implant était susceptible de se déplacer ont été visités : il s'agit des usines hydrauliques de Saint-Lary, Maison-Blanche, Fabian et Les Essarts.

Les mesures de champ magnétique 50 Hz ont été réalisées avec un mesureur de champ EFA-3 (Wandel et Goltermann). Le porteur de l'implant a également porté toute la journée un mesureur de champ EMDEX II (Enertech ; 40-800 Hz). Ces deux appareils mesurent le champ magnétique sur trois axes orthogonaux et calculent le champ résultant. La précision des mesures est de 5 %. L'EMDEX II avait été réglé pour enregistrer le champ magnétique toutes les 5 s, ce qui a permis de vérifier après coup qu'aucune situation d'exposition au champ magnétique n'avait été oubliée.

Les mesures ont été réalisées alors que les groupes étaient à leur puissance maximale (11 MW à St Lary, 7,5 MW à Maison-Blanche, 9,5 MW à Fabian et 3,3 MW aux Essarts). La configuration de ces usines (alternateur, cheminement des câbles, poste de transformation) varie d'une usine à l'autre.

Les mesures ont commencé par les bureaux (environnement magnétique équivalent à celui de la vie courante), et ont continué par le poste de transformation, puis l'alternateur et les galeries de câbles.

**TABLEAU I**  
**Champ magnétique en environnement « bureau ».**  
**Magnetic field in “office”.**

Lieu	Point de mesure	Champ magnétique ( $\mu\text{T}$ )	Contrôle du DAI
Salle café	Ambiant	0,36	Normal (Fig. 1)
Bureau – devant l’ordinateur de l’agent	Position de l’opérateur	0,47	-

**TABLEAU II**  
**Champ magnétique en environnement « poste 63 kV ».**  
**Magnetic field in “63 kV substation”.**

Lieu	Point de mesure	Champ magnétique ( $\mu\text{T}$ )	Contrôle du DAI
Extérieur	Contact de la grille (photo 1)	11	-
Sectionneur	Position de l’opérateur (photo 2)	0,3 à 3,5	-
Transformateur auxiliaire	Position de l’opérateur	5,3	-
Au-dessus des câbles	Passage	30 à 150	-
Cellule disjoncteur	Position de l’opérateur	4,6	-

### 3.2. Télémétrie

Le DAI de marque Medtronic était programmé en mode bipolaire, avec une sensibilité de 0,3 mV et un système d’ajustement automatique de la sensibilité.

Des enregistrements ont été réalisés en mode pseudo-unipolaire (entre la sonde et le boîtier du DAI) car ce mode est connu pour être plus sensible aux interférences électromagnétiques.

## 4. Résultats et discussion

Dans les différents lieux visités, le champ magnétique maximum mesuré au niveau du DAI a été de 650  $\mu\text{T}$ . Aucun dysfonctionnement n’a été enregistré en mode bipolaire (Tabs. I–V, Fig. 1).

On note l’apparition d’une perturbation 50 Hz sur l’enregistrement en mode pseudo-unipolaire (Fig. 2). Le champ magnétique 50 Hz au niveau du DAI est alors de 650  $\mu\text{T}$ . Mais ce mode a juste été utilisé à titre indicatif, le DAI étant en conditions habituelles normales de fonctionnement programmé en mode bipolaire.

Au même endroit, on ne note aucune perturbation sur le DAI en mode bipolaire (Fig. 3).

**Tableau III**  
**Champ magnétique en environnement « local électrique ».**  
**Magnetic field in “electric premises”.**

Lieu	Point de mesure	Champ magnétique (μT)	Contrôle du DAI
Armoire de commande	Au plus près (photo 3)	90	Normal
Salle de relayage	Ambiant	0,3 à 2	-
Cellule auxiliaire	Position de l'opérateur	2,7	-
Atelier	Ambiant	1 à 2	-
Devant transformateur auxiliaire	Position opérateur	45,5	-
Cellule de départ 6 kV	Position opérateur	1 à 10	-
Devant salle batterie	Ambiant	7,4	-

**TABLEAU IV**  
**Champ magnétique en environnement « salle des machines ».**  
**Magnetic field in “machinery room”.**

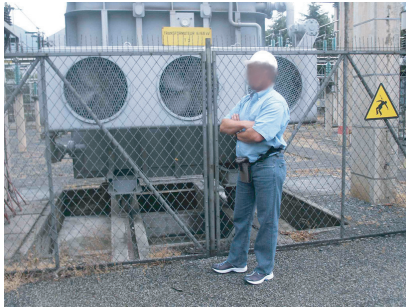
Lieu	Point de mesure	Champ magnétique (μT)	Contrôle du DAI
Autour de l'alternateur	Position de l'opérateur	3 à 20	-
Contrôle huile alternateur	Position de l'opérateur	2,5	-
Alternateur	Contact	5,5 à 150	Normal
Tableau de commandes	Position de l'opérateur	0,6 à 8	-
Salle turbine	Ambiant	2 à 5	-

**Tableau V**  
**Champ magnétique en environnement « galerie de câbles ».**  
**Magnetic field in “cable gallery”.**

Lieu	Point de mesure	Champ magnétique (μT)	Contrôle du DAI
Milieu du chemin	Ambiant (photo 4)	12 à 220	Normal
Au plus près des câbles	Opérateur au plus près (photo 5)	650 (valeur maximale mesurée au niveau du DAI)	Normal (Fig. 3)

L'interrogation finale du DAI a permis de vérifier qu'aucun événement capable de leurrer le système de détection n'avait été enregistré. L'analyse de ce poste de travail pour ce travailleur a démontré l'absence de risque pour le DAI.

L'analyse de ce poste de travail a également montré un dépassement du niveau d'action de 500 μT défini dans la directive 2004/40/CE. L'employeur, dans son analyse de risque à mener dans le cadre de cette directive, devra démontrer que les valeurs limites d'exposition sont respectées.



**Photo 1**



**Photo 2**



**Photo 3**

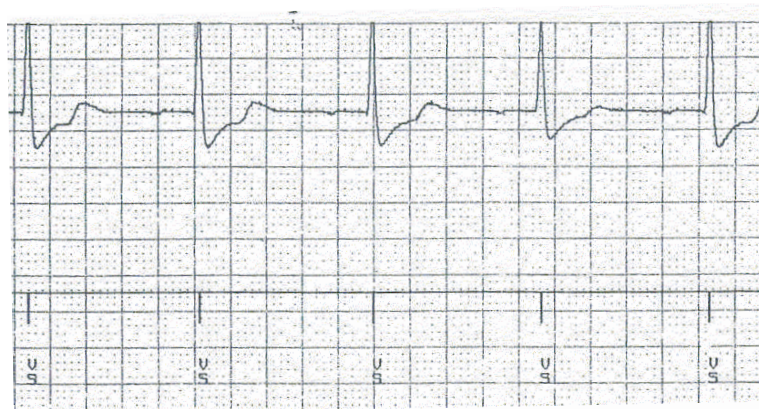


**Photo 4**

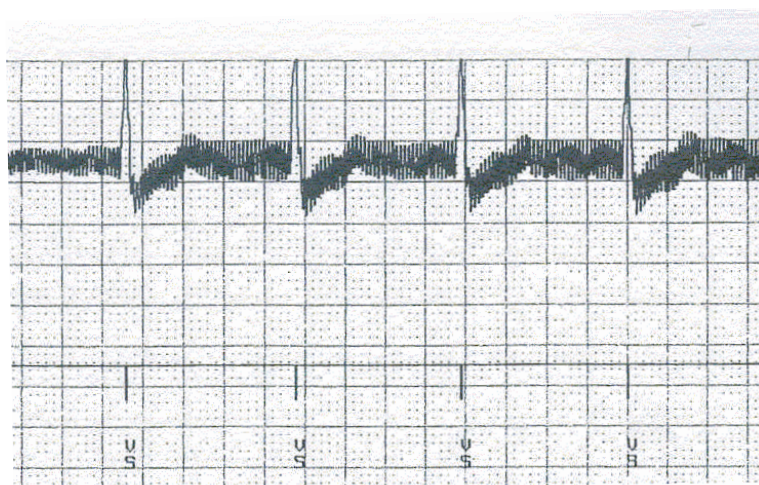


**Photo 5**

QUELLE CONDUITE TENIR APRÈS L'IMPLANTATION D'UN DÉFIBRILLATEUR CARDIAQUE ?



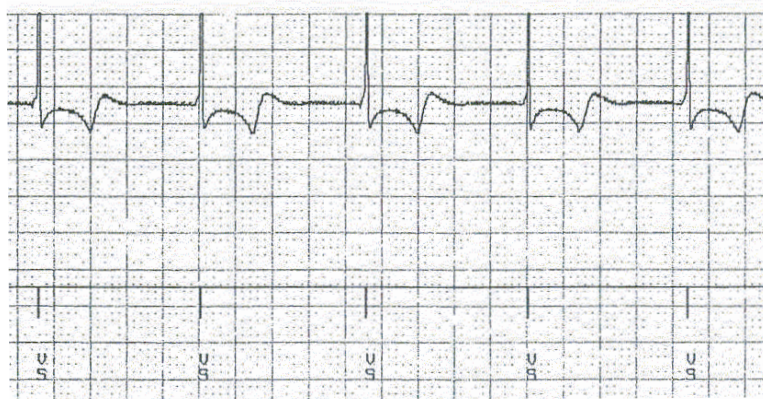
**Figure 1 – Enregistrement initial du défibrillateur automatique implanté (mode pseudo-unipolaire).**  
*Initial record of the implanted cardiac defibrillator (pseudo-unipolar mode).*



**Figure 2 – Enregistrement du défibrillateur automatique implanté à l'exposition maximale au champ magnétique (mode pseudo-unipolaire).**  
*Recording of implanted cardiac defibrillator at maximal magnetic field exposure (pseudo-unipolar mode).*

## 5. Conclusion

Suite à ces mesures et contrôles du DAI, l'agent a été déclaré apte et a repris ses fonctions professionnelles antérieures dans les usines hydroélectriques. Depuis, et



**Figure 3 – Enregistrement du défibrillateur automatique implanté à l'exposition maximale au champ magnétique (mode bipolaire).**

**Recording of the implanted cardiac defibrillator at maximal magnetic field exposure (bipolar mode).**

avec un recul de deux ans, aucun incident n'a été rapporté. Cette étude de cas montre l'intérêt de mesurer le champ magnétique réel et de questionner l'implant cardiaque en même temps aux différents endroits où le travailleur est susceptible d'aller au cours de son activité professionnelle, pour évaluer les risques d'interférences avec les champs ELF et aider le médecin du travail à évaluer l'aptitude sans *a priori* systématique. Cette démarche peut être mise en œuvre quel que soit le type d'implant actif rencontré en milieu de travail.

## RÉFÉRENCES

- Astridge P.S., Kaye G.C., Whitworth S., Kelly P., Camm A.J., Perrins E.J. (1993) The response of implanted dual chamber pacemakers to 50 Hz extraneous electrical interference, *Pacing Clin. Electrophysiol.* **16**, 1966-1974.
- Butrous G.S., Male J.C., Webber R.S., Barton D.G., Meldrum S.J., Bonnel J.A., Camm A.J. (1983) The Effect of power frequency high intensity electric fields on implanted cardiac pacemakers, *Pacing Clin. Electrophysiol.* **6**, 1282-1292.
- Kaye G.C., Butrous G.S., Allen A., Meldrum S.J., Male J.C., Camm A.J. (1988) The effect of 50 Hz external electrical interference on implanted cardiac pacemakers, *Pacing Clin. Electrophysiol.* **11**, 999-1008.
- Souques M., Frank R., Himbert C., Lambrozo J., Castet H., Bailly J.M., Magne I. (2002) Effets des champs magnétiques de 50, 60 Hz et de 20 à 50 kHz sur le fonctionnement des cardiostimulateurs implantés, *Environnement, Risques & Santé* **1**, 87-96.
- Toivonen L., Valjus J., Hongisto M., Metso R. (1991) The influence of elevated 50 Hz electric and magnetic fields on implanted cardiac pacemakers: The role of the lead configuration and programming of the sensitivity, *Pacing Clin. Electrophysiol.* **12**, 2114-2122.
- Trigano A., Blandeau O., Souques M., Gernez J.P., Magne I. (2005) Clinical study of interference with cardiac pacemakers by a magnetic field at power line frequencies, *JACC* **45**, 896-900.