



## CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES : DE LA DOSIMÉTRIE À LA SANTÉ HUMAINE

### Interférences électromagnétiques et implants cardiaques

#### Electromagnetic interferences and cardiac implants

---

*Martine Souques\**, *Isabelle Magne\*\**, *Jacques Lambrozo\**

\* *Service des Études Médicales, EDF, 45 rue Kléber, 92309 Levallois-Perret Cedex, martine.souques@edf.fr*

\*\* *EDF R&D, Avenue des Renardières, 77818 Moret-sur-Loing Cedex, isabelle.magne@edf.fr*

\*\*\* *Service des Études Médicales, EDF, 45 rue Kléber, 92309 Levallois-Perret Cedex, jacques.lambrozo@edf.fr*

---

Mots-clefs : champ électromagnétique, implant cardiaque, interférence, aptitude professionnelle, évaluation des risques.  
Electromagnetic field, cardiac implant, interference, fitness, risk assessment.

---

#### Résumé

Le nombre de personnes bénéficiant d'implants cardiaques (stimulateurs ou défibrillateurs implantés) est en constante augmentation, les sources émettant des champs électromagnétiques également. Les défibrillateurs automatiques implantés (DAI) le sont souvent chez des sujets jeunes, pratiquant une activité professionnelle. Comme les sources de champs électromagnétiques les plus intenses se rencontrent justement dans le milieu professionnel, il est important de vérifier la compatibilité du matériel médical implanté avec les conditions d'exposition rencontrées.

Le médecin du travail est chargé de définir l'aptitude d'un travailleur à son poste de travail. La pose d'un implant cardiaque actif chez un travailleur professionnellement exposé aux champs électromagnétiques rend cette décision difficile, car le fonctionnement de l'implant peut être perturbé par ces champs. A EDF, nous avons défini une démarche d'évaluation du risque afin d'aider le médecin du travail dans sa prise de décision. L'objectif est d'évaluer le fonctionnement des implants cardiaques pendant l'exposition professionnelle à un champ électromagnétique.

#### Introduction

Les progrès de la technologie et des communications sans fil font que le nombre de personnes bénéficiant d'implants cardiaques (stimulateurs ou défibrillateurs implantés) d'une part, les sources d'exposition aux champs électromagnétiques d'autre part, sont en constante augmentation. Les défibrillateurs automatiques implantés (DAI) le sont souvent chez des sujets jeunes, pratiquant une activité professionnelle. Comme les sources de champs électromagnétiques les plus intenses se rencontrent justement dans le milieu professionnel, il est important de vérifier la compatibilité du matériel médical implanté avec les conditions d'exposition rencontrées. En effet, les champs électromagnétiques peuvent perturber le fonctionnement des implants médicaux actifs, avec un risque potentiellement vital pour la personne.

En France, c'est le médecin du travail qui est chargé de définir l'aptitude d'un travailleur à son poste. Dans le cas d'un travailleur porteur d'un DAI, cette décision peut être difficile à prendre en raison des conditions de travail et des expositions rencontrées. D'un autre côté, prononcer l'inaptitude pose un problème social car cela risque de priver le travailleur de son emploi. Le risque d'interférences doit donc être évalué.

La Directive européenne 2004/40/CE [1], en cours de révision, précise qu'une attention particulière doit être portée quant aux risques potentiels d'interférences électromagnétiques pour les porteurs d'implants cardiaques. Si de nombreuses données sont disponibles pour les stimulateurs cardiaques, il existe peu de données dans la littérature pour les DAI. Les études sur les stimulateurs concernent principalement les expositions du public et montrent qu'il n'y a pas de risque aux niveaux des champs électromagnétiques rencontrés dans la vie courante [2-6]. Les quelques cas d'interférences rapportés avec les DAI concernent les portiques antivols [7-8].

C'est pourquoi, à EDF, nous avons mis au point une démarche d'évaluation du risque afin d'aider le médecin du travail dans sa prise de décision. Cette démarche a été publiée en 2008 [9] et reprise par les préventeurs des CARSAT (Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail) et par l'INRS [10]. L'objectif de cette démarche est d'évaluer le

fonctionnement des DAI en présence d'une exposition professionnelle à un champ électromagnétique. Elle représente une des méthodes prises en compte dans les normes CENELEC EN 50527-1 (2010) et EN 50527-2-1 (2011). Ces normes concernent les procédures d'évaluation du risque pour les travailleurs porteurs de dispositifs médicaux implantables actifs, la norme EN 50527-2-1 étant spécifique aux stimulateurs cardiaques. Dans celle-ci, il est précisé que la gamme de fréquences à observer va de 0 Hz à 3 GHz. Au-dessus de 3 GHz, aucune perturbation avec le stimulateur cardiaque ne se produit lorsque les limites d'exposition indiquées dans la Directive 2004/40/CE ne sont pas dépassées.

Nous présentons ici deux études de cas, l'une avec une exposition à un champ magnétique 50 Hz, l'autre avec une exposition à des radiofréquences émises par les systèmes de communication dans les véhicules des pompiers. A ces postes et dans certaines circonstances, les travailleurs sont potentiellement exposés à des champs électromagnétiques dont les intensités sont beaucoup plus élevées que celles rencontrées par le public dans la vie courante.

## 1. Que sait-on du risque d'interférences avec les implants cardiaques?

Le risque d'interférences dépend de plusieurs paramètres :

- Le type de l'implant : stimulateur, destiné à traiter les troubles lents du rythme cardiaque, ou défibrillateur, destiné à traiter les troubles rapides du rythme cardiaque.
- Le type de sonde : uni ou bipolaire et le niveau de sensibilité. La sonde est le point d'entrée des interférences. Une sonde unipolaire détecte le signal entre l'électrode située à l'extrémité de la sonde et le boîtier de l'implant. Une sonde bipolaire détecte le signal entre deux électrodes situées à l'extrémité de la sonde. D'une part, le mode unipolaire est plus sensible aux interférences. D'autre part, une plus grande sensibilité permettra de repérer des signaux plus faibles mais augmente le risque d'interférences. Les DAI comportent toujours des sondes bipolaires, mais leur sensibilité est plus grande que celle des stimulateurs cardiaques.

Dans le cas des DAI, deux types de dysfonctionnement peuvent se présenter. Dans le premier cas, le DAI peut interpréter le signal extérieur reçu comme un trouble du rythme cardiaque rapide et délivrer un choc inutile à la personne. Dans le second cas, le DAI peut ne pas reconnaître un trouble du rythme cardiaque rapide nécessitant un traitement et donc ne pas délivrer de choc électrique thérapeutique.

Une synthèse de la littérature permet d'avoir une idée assez précise des risques éventuels dans l'environnement résidentiel courant :

- 50 Hz : avec les stimulateurs actuels, réglés en mode bipolaire et une sensibilité ventriculaire courante (2 mV en général), le risque d'interférence est quasi inexistant pour les expositions rencontrées dans la vie de tous les jours. Il est néanmoins recommandé de ne pas utiliser de petits moteurs (type appareil de bricolage, perceuse) à proximité immédiate du boîtier du stimulateur. Il y a très peu de données pour les DAI.
- Induction : aucune perturbation n'a été détectée dans une étude clinique, avec une quarantaine de stimulateurs cardiaques, que la plaque fonctionne à faible ou à forte puissance, ou en mode séquentiel. Pas de données sur les DAI.
- Détecteurs de métaux (aéroports) : aucune interférence n'a été observée.
- Téléphonie mobile : une distance de sécurité est recommandée entre le boîtier du stimulateur ou du DAI et le téléphone, de 15 à 20 cm pour un téléphone de puissance maximale de 2W. Un conseil de bon sens : ne pas mettre le téléphone dans la poche de poitrine du côté où le boîtier de l'appareil est implanté.
- Portiques antiviol : il ne faut pas stationner inutilement à l'intérieur du portique, particulièrement pour les porteurs de DAI. Plusieurs cas d'interférences ont été décrits.

## 2. Méthode d'évaluation

Nous avons réalisé une évaluation du fonctionnement du DAI sur les différents lieux de travail des personnes implantées. Le protocole consiste dans la mesure du champ électromagnétique en présence de la personne concernée et dans tous les lieux où elle est susceptible d'intervenir pendant sa journée de travail.

La démarche d'évaluation nécessite de réunir une équipe pluridisciplinaire. Dans l'idéal, cette équipe est composée du :

- salarié,
- médecin du travail,
- cardiologue, avec un matériel de réanimation cardiaque,
- fabricant du DAI, pour interroger le défibrillateur avec le matériel de télémétrie approprié,
- et d'un ingénieur pour réaliser les mesures de champs électromagnétiques sur le terrain. Dans la mesure du possible, un exposimètre est porté par le salarié aussi près que possible de l'implant, ce qui permettra de comparer les mesures réalisées par l'équipe technique et celles enregistrées par le salarié.

La personne concernée (le patient) doit être avertie des risques possibles d'interférences et signer un formulaire de consentement. Tous les secteurs où le patient est susceptible de travailler ou même de passer doivent être visités, en commençant par les endroits où le champ électromagnétique est le plus bas. Simultanément aux mesures, le fonctionnement du DAI est enregistré et analysé. Ainsi, il sera possible de vérifier que, si le DAI « voit » le champ externe, il l'interprète bien comme étant un signal qui ne vient pas du cœur. Avec certains modèles, on peut également avoir recours aux enregistrements des événements passés.

### 3. Résultats des évaluations

#### 3.1. Exposition à un champ magnétique de 50 Hz : le relevé des compteurs ERDF

Monsieur A. relève les compteurs des postes clients (transformateurs HTA/BT) dans tout un département. Il a reçu un DAI quelques mois auparavant, à la suite d'un arrêt cardiaque. Dans un premier temps, le médecin du travail lui a donné une restriction d'aptitude : il ne devait pas s'approcher à moins de 50 cm des câbles électriques. Mais les postes étant des endroits exigus, le médecin du travail voulait savoir si cette distance de 50 cm était réellement nécessaire.

Avec l'accord du cardiologue, les mesures ont été organisées. L'équipe complète a pu être réunie. L'encadrement et le médecin du travail ont sélectionné cinq postes représentatifs de l'activité professionnelle en termes de charge en courant et du moment de la charge maximale. Les mesures ont été réalisées avec un mesureur EFA-300 (Narda, Allemagne), deux EMDEX-II standard et un EMDEX-II high field (Enertech, USA).

L'enregistrement des courants durant les trois semaines précédant les mesures a permis de confirmer que l'on était proche de la charge maximale le jour des mesures. Dans le bureau, le champ magnétique était de 0,015  $\mu$ T. Dans les différents postes, le champ variait de 0,6  $\mu$ T en ambiance à 200  $\mu$ T au niveau du boîtier du DAI. Le contrôle par télémétrie montrait un léger bruitage du signal, mais aucun dysfonctionnement n'a été enregistré.

De plus, le DAI de monsieur A. est surveillé à distance par envoi au fabricant, chaque nuit, des événements enregistrés dans les 24h précédentes. Aucun dysfonctionnement n'a été signalé, y compris au cours de son activité professionnelle.

#### 3.2. Exposition à un champ électromagnétique RF : les systèmes de communication chez les pompiers

Monsieur B. est pompier, mais depuis l'implantation de son DAI, le médecin du travail ne l'autorise plus à partir en mission sur le terrain. En effet, les véhicules utilisés par les pompiers ont des systèmes de télécommunication à distance qui émettent des champs électromagnétiques dans la gamme des radiofréquences. De plus, cet implant cardiaque ne l'autorise plus à fournir des efforts physiques importants, comme grimper à la grande échelle dans le cas des incendies par exemple.

Avec l'accord du cardiologue, les mesures ont été organisées et l'équipe complète a pu être réunie. Notre intervention s'est limitée à l'évaluation du risque d'interférences avec les champs électromagnétiques rencontrés dans différents véhicules de secours. Le fonctionnement du DAI a été testé avec les équipements de trois types de véhicules différents :

- Le véhicule poste de commandement (VPC) qui est équipé de systèmes de transmission de 2 W (radio numérique), de 12 et de 24 W. Ces systèmes de communications fonctionnent dans la bande 380-400 MHz. Le VPC possède également un groupe électrogène fournissant du courant 50 Hz.
- Le véhicule de secours routier (VSR), qui est équipé d'un système de transmission de 2W (radio numérique) et d'un groupe électrogène.
- Le véhicule de secours et d'assistance aux victimes (VSAV), qui est équipé d'un système de transmission de 2 W (radio numérique). Il est à noter que ce véhicule représente 80 % des missions.

Les mesures ont été réalisées avec un mesureur EFA-300 (Narda, Allemagne) et deux EMDEX-II standard (Enertech, USA) pour le champ 50 Hz dans les véhicules avec un groupe électrogène ; avec un analyseur de spectre MS2721B (ANRITSU, Japon) et une antenne HE-200 (Rhode et Schwartz, France) pour les champs de radiofréquence.

Le champ magnétique 50 Hz maximum a été mesuré dans le VPC, au contact du tableau électrique (5  $\mu$ T). Le champ électrique mesuré dans la bande de fréquence 380-400 MHz était au maximum de 11,2 V/m au niveau du boîtier du DAI, dans la salle de transmission du VPC en émission à la puissance maximale de 12 W. A l'extérieur, le champ électrique maximum était de 1,86 V/m, à 5 m de l'antenne du VPC. Dans et autour du VSR et du VSAV, le champ magnétique 50 Hz était < 1  $\mu$ T et le champ électrique 380-400 MHz était inférieur aux valeurs trouvées dans le VPC.

La surveillance télémétrique du DAI était effectuée en continu. Aucun dysfonctionnement n'a été enregistré.

### 4. Conclusion

Ces exemples d'évaluation de l'exposition au champ électromagnétique sur lieux de travail montrent différentes façons de conduire une évaluation de risque particulière pour des dispositifs cardiaques implantés. Ils démontrent l'intérêt de mesurer le champ électromagnétique et de questionner l'implant cardiaque en même temps, dans les différents lieux de travail, pour évaluer les risques d'interférences. C'est notamment sur cette base que le médecin du travail pourra apprécier l'aptitude au travail de ces sujets.

## Remerciements

Les auteurs remercient tous les intervenants impliqués dans ces différentes études de poste, en particulier les médecins du travail qui ont organisé les mesures sur place, les médecins urgentistes et les fabricants des implants testés.

## Références bibliographiques

- 1- Conseil des Communautés européennes. *Directive 2004/40/CE du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relative à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques) (dix-huitième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE)*. Journal Officiel des Communautés Européenne, 2004, L159 : 1-26.
- 2- GS Butrous, JC Male, RS Webber, DG Barton, SJ Meldrum, JA Bonnell, AJ Camm. *The effect of power frequency high intensity electric fields on implanted cardiac pacemakers*. Pacing and Clinical Electrophysiology, 1983, 6: 1282-1292.
- 3- L Toivoinen, J Valjus, M Hongisto, R Metso. *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 and Clinical Electrophysiology, 1991, 14: 2114-2122.
- 4- A Scholten, J Silny. *The interference threshold of cardiac pacemakers in electric 50 Hz fields*. Journal of Medical Engineering & Technology, 2001, 25: 1-11.
- 5- T Dawson, K Caputa, M Stuchly, R Shepard, R Kavet, A Sastre. *Pacemaker interference by magnetic fields at power line frequencies*. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2002, 49: 254-262.
- 6- A Trigano, O Blandeau, M Souques, JP Gernez, I Magne. *Clinical study of interference with cardiac pacemakers by a magnetic field at power line frequencies*. Journal of American College of Cardiology, 2005, 45: 896-900.
- 7- M Gwechenberger, F Rauscha, G Stix, G Schmid, J Strametz-Juranek. *Interference of programmed electromagnetic stimulation with pacemakers and automatic implantable cardioverter defibrillators*. Bioelectromagnetics, 2006, 27: 365-377.
- 8- JR Gimbel, JJ Cox. *Electronic article surveillance systems and interactions with implantable cardiac devices, risk of adverse interactions in public and commercial spaces*. Mayo Clinic Proceedings, 2002, 82: 318-322.
- 9- M Souques, I Magne, A Trigano, R Frank, M Héro, P Schmitt, M Nadi, F Audran, J Lambrozo. *Implants cardiaques et exposition aux champs électromagnétiques 50 Hz en environnement professionnel*. Archives des Maladies Professionnelle et de l'Environnement, 2008, 69 : 547-552.
- 10- G Brasseur. *Champs électromagnétiques - Quand l'aptitude est en question*. Travail & Sécurité, février 2011, 12-14.